



Sveučilište u Zagrebu

Ekonomski fakultet



**Diplomski sveučilišni studij „Poslovna ekonomija“, smjer
Menadžerska informatika**

INTERNET STVARI I INOVATIVAN KONCEPT NADZORA POTROŠNJE ENERGENATA

Diplomski rad

Mislav Stunković

Zagreb, srpanj, 2019.

Sveučilište u Zagrebu



Ekonomski fakultet

Diplomski sveučilišni studij „Poslovna ekonomija“, smjer

Menadžerska informatika



**INTERNET STVARI I INOVATIVAN KONCEPT NADZORA
POTROŠNJE ENERGENATA**

**INTERNET OF THINGS AND INNOVATIVE CONCEPT OF
ENERGY CONSUMPTION MONITORING**

Diplomski rad

Mislav Stunković, 0165051160

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Nikola Vlahović

Zagreb, srpanj, 2019.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni/diplomski/specijalistički rad, odnosno doktorska disertacija isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Student: Mislav Stunković

U Zagrebu, 3. srpnja 2019.



(potpis)

SAŽETAK

Na području Hrvatske, prisutne su zastarjele metode ručnog očitavanja i paušalne naplate potrošnje energenata. Tržišna analiza pokazuje da se tek 3 posto brojila očitava daljinski unatoč trendu globalnog rasta uporabe Interneta stvari u sektoru distribucije energenata. U radu je prikazan inovativan koncept nadzora potrošnje energenata koji ispravlja uočene nedostatke u metodama daljinskog očitavanja. Koncept rabi Internet stvari za mjerenje potrošnje u obliku mikrorachunala povezanog s uslugama računarstva u oblaku. Prebacivanjem numeričkog brojila u „oblak“ otvaraju se nove mogućnosti pravovremenog nadzora potrošnje.

Ekonomska analiza prikazuje značajne investicije na globalnoj razini, ali ne i na razini Hrvatske. Argumentirana je isplativost uvođenja koncepta pametnih mjerila, a koncept se može jednostavno primijeniti na postojećim mjerilima u RH. Bez obzira na povrat ulaganja, nužno je uvođenje pametne mjerne infrastrukture kako bi se ostvarile značajne energetske uštede i podigla ekološka osviještenost šire populacije.

KLJUČNE RIJEČI: Nadzor potrošnje energenata, daljinsko očitavanje potrošnje energenata, energetske uštede, pametna brojila, IoT brojila

ABSTRACT

In Croatia, dated methods of manual meter reading and flat-rate billing are in use. Market analysis has shown that only 3 percent of energy meters offer remote metering capability in despite of growing Internet of Things usage in energy carriers distribution sector. Thesis presents an innovative concept of energy consumption monitoring correcting shortcomings in currently used methods. Concept is based on Internet of things metering layer, which uses microcomputer and Cloud computing services. Shift of numerical meter into „cloud“ enables real-time monitoring and prevents data tampering.

Economic analysis shows significant investments on a global level, but not on the national level. Arguments in favor of the feasibility of are shown. Concept is simple to apply to energy meters currently in use in Croatia. Disregarding return on investment analysis, there is a need to implement such metering infrastructure to realize substantial energy saving and to raise ecological awareness among the wider population.

KEYWORDS: Energy consumption monitoring, remote metering, energy savings, smart meter, IoT meter

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
1.1.	Predmet i cilj rada.....	2
1.2.	Izvori podataka i metode prikupljanja	2
1.3.	Sadržaj i struktura rada	3
2.	RAČUNARSTVO U OBLAKU KAO PREDUVJET RAZVOJA INTERNETA STVARI.....	4
2.1.	Definicija i značajke računarstva u oblaku.....	4
2.1.1.	Povijest razvoja računarstva u oblaku	5
2.1.2.	Značajke računarstva u oblaku	6
2.2.	Modeli pružanja usluga računarstva u oblaku	9
2.2.1.	Infrastruktura kao usluga.....	10
2.2.2.	Platforma kao usluga.....	10
2.2.3.	Softver kao usluga.....	10
2.2.4.	Ostali modeli pružanja usluga u oblaku	11
2.3.	Infrastrukturni modeli računarstva u oblaku	12
2.3.1.	Javni oblak.....	12
2.3.2.	Privatni oblak	13
2.3.3.	Zajednički oblak.....	13
2.3.4.	Hibridni oblak	13
2.4.	Pružatelji usluga računarstva u oblaku	14
2.4.1.	Amazon Web Services	14
2.4.2.	Google CloudPlatform	15
2.4.3.	Microsoft Azure	16
2.4.4.	Ostali veći pružatelji usluga u oblaku	17
2.5.	Prednosti i nedostaci računarstva u oblaku.....	17
2.5.1.	Ekonomске prednosti	17
2.5.2.	Tehnološke prednosti	18
2.5.3.	Ekonomski nedostaci.....	18
2.5.4.	Tehnološki nedostaci.....	19
2.5.5.	Rizici poslovanja u oblaku	19
2.6.	Primjene u poslovanju	20
3.	REVOLUCIJA INTERNETA STVARI.....	22
3.1.	Definicija Interneta stvari	22
3.1.1.	Prednosti.....	22
3.1.2.	Nedostaci.....	23

3.2.	Razvoj Interneta stvari.....	24
3.3.	Hardverske IoT platforme	25
3.4.	Softverske IoT platforme.....	26
3.4.1.	Amazon AWS IoT.....	28
3.4.2.	Microsoft Azure IoT Hub.....	28
3.4.3.	IBM Watson IoT	28
3.4.4.	Open Source alternative	29
3.5.	Mrežne tehnologije	29
3.5.1.	RFID identifikacija.....	29
3.5.2.	M2M komunikacija	30
3.5.3.	LPWAN mreže	30
3.5.4.	MQTT protokol.....	31
3.6.	Primjene Interneta stvari.....	31
3.6.1.	Pametni gradovi.....	32
3.6.2.	Industrija.....	34
3.6.3.	Zdravstvo.....	34
3.6.4.	Logistika.....	35
3.6.5.	Obrazovni sektor	35
3.6.6.	Energetski sektor	36
3.7.	Izazovi u primjeni Interneta stvari.....	36
3.7.1.	Privatnost.....	36
3.7.2.	Standardizacija	37
4.	ANALIZA TRŽIŠTA DALJINSKOG OČITANJA POTROŠNJE ENERGENATA	38
4.1.	Analiza lokalnog tržišta	38
4.2.	Analiza stranih tržišta	39
4.3.	Daljinsko očitavanje brojila.....	41
4.3.1.	Daljinsko očitavanje potrošnje električne energije	45
4.3.2.	Daljinsko očitavanje potrošnje plina	47
4.3.3.	Daljinsko očitavanje potrošnje vode	49
4.4.	Prednosti i ekonomske koristi modela daljinskog očitavanja potrošnje.....	50
4.4.1.	Prednosti uvođenja daljinskog očitavanja potrošnje energenata.....	51
4.4.2.	Prednosti specifičnih sustava očitavanja potrošnje energenata.....	51
4.5.	Nedostaci tradicionalnih metoda	52
4.5.1.	Ekonomska (ne)opravdanost uvođenja daljinskog očitavanja	53
5.	KONCEPTUALNI MODEL NADZORA POTROŠNJE ENERGENATA TEMELJEN NA INTERNETU STVARI.....	54

5.1.	Komponente modela.....	55
5.2.	Princip rada koncepta	57
5.3.	Dodatne mogućnosti	60
5.3.1.	Pametani dom	60
5.3.2.	Nadzor parametara distributivne mreže	60
5.3.3.	Predviđanje potrošnje	61
5.4.	Tehnološki aspekt uvođenja IoT brojila	61
5.4.1.	Mikroračunalo	62
5.4.2.	Brojanje impulsa	62
5.4.3.	Brojač potrošnje u oblaku	64
5.4.4.	NB-IoT mrežni protokol.....	65
5.5.	Upravljanje podacima za potrebe koncepta.....	66
5.5.1.	Potreban prostor za pohranu baze podataka	67
5.5.2.	Baza podataka za brojač potrošnje energenta u oblaku.....	67
5.5.3.	Izračun za glavnu bazu podataka	68
5.5.4.	Izbor pružatelja usluga u oblaku	70
5.6.	Izazovi u prihvaćanju koncepta	70
5.7.	Poslovni aspekt uvođenja modela.....	72
5.7.1.	Tržišni trendovi	73
5.7.2.	Vrijednost projekta	73
5.7.3.	Troškovni pristup	74
5.7.4.	Energetske uštede	76
6.	ZAKLJUČAK.....	78
	Popis literature.....	80
	Popis slika	86

1. UVOD

Energenti poput plina, vode i električne energije su ograničeni resursi o kojima prosječan korisnik vrlo malo zna i rijetko razmišlja. Međutim, svaki potrošač složit će se oko važnog utjecaja usluga distribucije energenata na kvalitetu ljudskog života. Napretkom u informacijskoj i komunikacijskoj tehnologiji, koncept računala kao proizvoda odavno je zamijenjen „oblakom“ – računarstvo je postalo usluga koja se diljem svijeta dostavlja i naplaćuje kao još jedan energent. Računarstvo u oblaku oslobodilo je kompanije tradicionalnih okvira računalne arhitekture i kapitalnih zahtjeva za širenje poslovanja te je omogućilo razvoj novih inovacija i izvora efikasnosti.¹

Na temelju takve usluge evoluirao je i Internet stvari koji spaja stvarni život i fizičke aktivnosti s virtualnim svijetom. Internet stvari podiže optimizaciju i automatizaciju industrije, potiče inovacije i digitalnu preobrazbu svih sektora. Omogućava potpuno nove aplikacije, modele poslovanja i tokove prihoda poslovnim organizacijama.

Automatizacija industrijskih procesa i razvoj bežičnih mrežnih tehnologija doveli su do integracije povezanih uređaja u naše živote. Pametne telefone odavno smo prisvojili i integrirali do najviše moguće razine, ručni sat je postao pametan te mjeri broj otkucaja srca, a TV uređaj autonomno pristupa Internetu te u ovisnosti o zalasku i izlasku sunca mijenja prikaz boja na ekranu. Prema tome, pametan dom, pametan grad i slični koncepti Interneta stvari postaju popularniji svakim danom, a korisnici otkrivaju sve prednosti i nova rješenja koje Internet stvari nudi.

U vremenu četvrte industrijske revolucije, odnosno „Industrie 4.0“ u Njemačkoj, gdje se već izvodi velik broj zajedničkih industrijskih projekata između javne uprave i poduzeća koji koriste tehnologiju Interneta stvari, na lokalnom tržištu poštari i razni djelatnici u distribuciji energenata i dalje pretežno ručno očitavaju stanje brojila za plin, vodu ili električnu energiju.

¹ Buyya, R. et al. (2009) Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems* [Online], 25 (6), str. 599. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X08001957> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada je prikazati inovativan koncept nadzora potrošnje energenata baziran na tehnologiji Interneta stvari. Prema tome, u ovom radu će biti detaljno proučeni koncepti Interneta stvari i Računarstva u oblaku. Teorijski aspekt ovog rada obuhvaća definicije Računarstvo u oblaku i Interneta stvari, ključnih značajki i uslužnih modela ovih koncepata. Tehnološki aspekt ovih koncepata obuhvatit će usporedbu najčešće korištenih tehnologija te dostupnih hardverskih i softverskih platformi raznih IT tvrtki. Usporedit će se prednosti i nedostaci uz analizu primjene ovih tehnologija u poslovanju.

Sljedeći cilj je kroz detaljnu analizu lokalnog tržišta energenata i prikaz postojećih procesa očitavanja stanja brojila, ukazati na prednosti i nedostatke tih procesa. Detaljnom analizom nedostataka u postojećim tehnologijama, zapravo će se uočiti mjesto za daljnji napredak, odnosno predstaviti će se temelj za daljnje inovacije.

Konačni cilj je predložiti konceptualni model koji će uvesti dodatne mogućnosti kontinuiranog praćenja potrošnje energenata u oblaku te sustav upozorenja u slučaju nepravilnog uzorka potrošnje. Ovaj cilj postići će se korištenjem tehnologija Interneta stvari te računarstva u oblaku, odnosno korištenjem mikroračunala i pripadajućeg senzora, uz pristup Internetu i nizu usluga u oblaku koje će biti zadužene za daljnju obradu podataka koji su potekli od energetskog mjerila. Argumentirat će se izbor tehnologija te rješenja za uočene izazove i prepreke u razvoju. Prikazat će se svjetski trendovi razvoja sustava daljinskog očitavanja potrošnje energenata koji će poslužiti kao svojevrsna smjernica u daljnjoj analizi i razvoju ovakvog koncepta.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

U sklopu diplomskog rada provest će se ekstenzivno sekundarno istraživanje. Pregledom dostupne stručne literature iz širokog područja tehnologije računarstva u oblaku i Interneta stvari definirat će se teorijski koncepti te prednosti i nedostaci svih aspekata uporabe ovih tehnologija. Analiza područja primjene i trendova razvoja tehnologije Interneta stvari te analiza lokalnog tržišta daljinskog očitavanja stanja brojila postaviti će osnovu za predstavljanje i razradu koncepta nadzora potrošnje energenata. Detaljna analiza tržišnih prilika, uočavanje propusta, izazova u primjeni i općenito mjesta za napredak, pomoći će u razvoju ekonomski opravdanog koncepta nadzora potrošnje energenata.

Kako je ova tema relativno mlada, a tehnološko područje vrlo dinamično, korištena je pretežno strana literatura novijeg datuma. Korišteni su istraživački radovi te empirijski podaci u sklopu istih, objavljeni u prestižnim internetskim časopisima na temu računalnih tehnologija, izdavača Springer, IEEE i Elsevier, te vodeće baze podataka za pretragu objavljenih radova poput Science Direct, Research Gate i Google Scholar. Nadalje, korišteni su materijali dostupni u knjižnici Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, Knjižnicama grada Zagreba te članci na različitim internetskim portalima.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Rad se sastoji od šest poglavlja, uključujući uvod i zaključak. Na početku rada se nalazi uvod koji definira problematiku i cilj rada, navodi dijelove i strukturu rada, opisuje sadržaj i navodi izvore podataka.

Kroz drugo poglavlje „Računarstvo u oblaku kao preduvjet razvoja Interneta stvari“ te treće poglavlje „Revolucija Interneta stvari“ prikazat će se detaljnije teoretska pozadina, razvoj i trendovi te primjene Računarstva u oblaku i Interneta stvari.

Nadalje, u četvrtom poglavlju „Analiza procesa očitavanja potrošnje energenata na lokalnom tržištu“ analizirat će se lokalno tržište s postojećim procesima daljinskog očitavanja stanja brojila. Kroz analizu konkretnih primjera, navesti će se prednosti i nedostaci trenutnih procesa.

U pretposljednem poglavlju „Konceptualni model nadzora potrošnje energenata temeljen na Internetu stvari“, kao najvažniji dio ovoga rada, prikazat će se inovativan konceptualni model koji otvara nove mogućnosti krajnjim korisnicima, ali i distributerima energenata.

U posljednjem poglavlju, izvodi se zaključak na temelju obrađene literature i prikazanih primjera te predloženog koncepta. Pružit će se preporuke za buduću uporabu ovih tehnologija.

Na samom kraju rada, dani su popis korištene literature i prilozi.

2. RAČUNARSTVO U OBLAKU KAO PREDUVJET RAZVOJA INTERNETA STVARI

Ideja o računarstvu u oblaku korijene vuče iz 1961. godine kada je računalni stručnjak John McCarthy previdio da će računalna moć jednog dana biti organizirana kao javno dostupna usluga. Računarstvo je postalo usluga koja se diljem svijeta dostavlja putem Interneta i naplaćuje ovisno o uporabi. Unatoč širokoj uporabi takve tehnologije, pojam računarstva u oblaku relativno je nov. S druge strane, Internet stvari ima potencijalno još veću primjenu uz dalekosežniji utjecaj na svakodnevni život, a takva tehnologija nije moguća bez razvoja sveprisutnog računarstva u oblaku.²

2.1. Definicija i značajke računarstva u oblaku

Računarstvo u oblaku koriste gotovo sve vodeće kompanije, no još uvijek ne postoji univerzalna definicija ove tehnologije. Veliki autoritet na području računarstva u oblaku ima američka vladina organizacija koja se bavi standardima i tehnologijom - National Institute of Standards and Technology (NIST), koja računarstvo u oblaku dijeli na pet ključnih karakteristika, tri modela pružanja usluga te četiri modela implementacije.³

Računarstvo u oblaku je koncept dostavljanja računarskih usluga s udaljene lokacije, analogno načinu na koji se dostavljaju struja, voda i ostali energenti. Predstavlja način dostave računalne tehnologije koja korisnicima omogućuje pristup, dijeljenje i pohranu informacija korištenjem Interneta. Nastalo je kao želja IT stručnjaka za povećanjem kapaciteta i dodavanjem novih mogućnosti na vlastite sustave bez investiranja u novu infrastrukturu i potrebe za osposobljavanjem novog osoblja ili kupnje novih licenciranih programa.⁴

² Foster, I. et al. (2008) Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared. U: *2008 Grid Computing Environments Workshop*, 12. – 16. studeni 2008, Austin, TX. November 2008 IEEE [Online], str. 1–10. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4738445> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

³ Mahmood, Z. (ed.). (2016). *Data science and big data computing: frameworks and methodologies*. Cham: Springer International Publishing, str. 125.

⁴ Figliola, P.M. i Fischer, E.A. (2013) Overview and Issues for Implementation of the Federal Cloud Computing Initiative: Implications for Federal Information Technology Reform Management. *Journal of Current Issues in Media & Telecommunications* [Online], 5(1), str. 1-27. [Online]. Dostupno na: http://www2.caict.ac.cn/zscp/qqzkgz/qqzkgz_zdzsq/201509/P020150906528343962212.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Informatički stručnjaci definirat će računarstvo u oblaku kao novu tehnološku platformu za smještaj, pokretanje i korištenje informatičke programske podrške, a obični korisnici kao novi i jeftiniji način korištenja programskih rješenja koja će se unajmljivati prema potrebi. Prema tome, za krajnjeg korisnika računarstvo u oblaku predstavlja mogućnost udomljavanja infrastrukture, podataka i aplikacija izvan okvira organizacije, odnosno korištenje mnoštva web aplikacija kako bi se uz pomoć njih mogle integrirati fotografije, karte, GPS informacije i slično.⁵

To je nov način računarstva gdje su gotovo neograničeni resursi dostupni kao usluga putem Interneta. Kreirana je paradigma gdje se značajke i funkcije samostalnih računala mogu putem Internetskog prijenosa ili tzv. *streaminga*, dostaviti korisnicima.⁶

2.1.1. Povijest razvoja računarstva u oblaku

Napretkom modernog društva, usluge dostave energenata poput električne energije, vode ili plina postale su neophodne za dnevni život. Korisnici zahtijevaju dostupnost takvih usluga u bilo koje doba dana, uz plaćanje distributerima za uporabu tih usluga. Na temelju takvog stava, računarstvo je evoluiralo u računarstvo u oblaku.

Prošlo je više desetljeća postupne evolucije trenda računarstva. U eri *mainframe* računala krajem 1950.-ih računala su bila ogromna i skupa, a većinu vremena neiskorištena. Silna neefikasnost dovela je do razvoja *timesharing-a*, čime je omogućen istodoban unos podataka od strane više korisnika. Organizacije Apple, 1977. godine i IBM 1981. godine su razvile prva kućna računala te je došlo do novog doba u računarstvu. Poduzeća su uvidjela da su takva računala povoljnija od tradicionalnih *mainframe* računala. Širenjem uporabe Interneta devedesetih, vratio se trend potrebe za snažnim serverima. Trend se nastavio jer su korisnici zahtijevali više Web usluga i više prostora za pohranu. Uporaba mobilnih uređaja također je utjecala na potražnju za računalnom moći.⁷

⁵ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 4. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁶ Furht, B. i Escalante, A. (2010) *Handbook of cloud computing*. 3rd Ed. New York: Springer, str. 3.

⁷ Ewwiekpaefe, A.E. i Ajakaiye, F. (2013) The Trend and Challenges of Cloud Computing: A Literature Review. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies* [Online], 2 (10), str. 5. Dostupno na: <http://www.mcser.org/journal/index.php/ajis/article/view/1691> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Prvu uslugu u oblaku razvila je 1999. godine organizacija Salesforce u obliku web sustava za upravljanje odnosima s kupcima (CRM) i time započela eru računarstva. Amazon je 2002. godine pokrenuo Amazon Web Services (AWS) koji se smatra sljedećim velikim korakom razvoja računarstva u oblaku. Osim usluge pohrane podataka, Amazon je pokrenuo uslugu virtualiziranih poslužitelja Elastic Compute Cloud (EC2). *Cloud* usluge postale su javno dostupne putem Internet preglednika tek 2009. godine.⁸

2.1.2. Značajke računarstva u oblaku

Pet ključnih karakteristika koje pokazuju razlike računarstva u oblaku prema tradicionalnom računarstvu su usluga na zahtjev, brza elastičnost, odmjerena usluga, udruživanje resursa i široki mrežni pristup. S druge strane, tehnološke značajke koje su omogućile razvoj računarstva u oblaku su virtualizacija, automatizacija te uporaba sučelja za programiranje aplikacija.⁹

Usluga na zahtjev

Pružanje usluge na zahtjev (engl. On-demand self-service) znači da korisnik može samostalno odabrati i pokrenuti računalne resurse. Može birati vrijeme posluživanja i mrežni prostor za pohranu podataka bez potrebe za interakcijom s djelatnicima davatelja usluge. Danas većina poslužitelja svoje usluge naplaćuje ovisno o vremenu i obujmu korištenja po model „plati koliko koristiš“. Takav model korisnicima omogućava automatsku opskrbu računarskim kapacitetima, poput serverskog vremena i mrežnog spremišta ovisno o potrebi.¹⁰

Brza elastičnost

Brza elastičnost (engl. Rapid elasticity) znači da mogućnosti koje korisnicima nudi računarstvo u oblaku mogu biti brzo pokrenute, kako bi se po potrebi ostvarilo proporcionalno povećanje ili smanjenje mogućnosti. U praksi, velika skalabilnost sustava krajnjem korisniku pruža dojam neograničenih resursa koji se mogu zakupiti u bilo kojoj količini i u bilo koje vrijeme.¹¹

⁸ Ibid.

⁹ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 9. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid., str. 10.

Velikim organizacijama s potrebama za višestrukim operacijama grupne obrade nad većim brojem podataka, omogućuje se ostvarenje ciljeva u kraćem roku, jer ih korištenje 1.000 poslužitelja na sat vremena košta jednako kao korištenje jednog poslužitelja 1.000 sati.¹²

Elastičnost resursa osigurava i visoku kvalitetu usluge. Primjerice, Target, drugi maloprodajni lanac na području SAD-a, koristi Amazon Web Services usluge. Tijekom „Black Friday“ akcije, većina prodavača imala je probleme s dostupnošću web mjesta, no korisnici AWS-a imali su samo 50% sporiji pristup web stranicama.¹³

Odmjerena usluga

Odmjerena usluga (engl. Measured service) omogućava da sustavi automatski optimiraju uporabu resursa uz pomoć mjerenja iskorištenosti resursa. Korištenje resursa može biti nadgledano, kontrolirano, te se mogu dobiti izvješća. Time se osigurava transparentnost podataka o korištenju usluge i potrošaču i davatelju usluge."¹⁴

Udruživanje resursa

Udruživanje resursa (engl. Resource pooling) podrazumijeva spajanje računalnih resursa pružatelja usluga kako bi poslužili sve korisnike. Računalni resursi koji se najčešće udružuju su spremišta podataka, procesne jedinice, memorija i mrežni pojas. To se postiže korištenjem višekorisničkog modela s različitim fizičkim i virtualnim resursima, koji se dinamički dodjeljuju i uklanjaju prema zahtjevima korisnika.¹⁵

¹² Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online], str. 1. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹³ Ibid., str. 11.

¹⁴ Stipić, A. i Bronzin, T. (2012) Mobilna poslovna inteligencija i računarstvo u oblaku. U: Polonijo, M., ur. *Razvoj poslovnih i informatičkih sustava CASE 24, 4.-5. lipnja 2012, Zagreb*. Rijeka: Case d.o.o. Rijeka [Online], str. 135-141. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/583887> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁵ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 10. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Procesna moć tisuća računala unutar podatkovnih centara često je veća i od superračunala. „Oblak“ maksimizira iskorištenost takvog hardvera jer prosječni poslužitelj u podatkovnom centru ima iskorištenost od samo 6 posto, a korištenjem virtualizacije, iskorištenost raste čak na 65 posto.¹⁶

Podatkovni centri često su prostorno ograničeni, a njihova nadogradnja je vrlo skupa. Spajanjem IT sustava, visokozahtjevni zadaci mogu se prebaciti na neopterećene sustave, čime se izbjegava kupnja dodatnih serverskih kapaciteta. Manji broj fizičkih sustava smanjuje se potreban broj administrativnog osoblja.¹⁷

Širok mrežni pristup

Širok mrežni pristup (engl. Broad Network Access) označava da su usluge i korisnička sučelja usluga u oblaku dostupne putem mreže. Pristupa im se putem tradicionalnih računala i mobilnih uređaja, korištenjem web servisa i najčešće putem Web preglednika.¹⁸

Tehnološke značajke

Virtualizacija omogućava apstraktnost računalnih resursa, odnosno omogućava da jedno računalo funkcionira kao nekolicina virtualnih strojeva. Virtualni strojevi omogućuju odvajanje aplikacija od hardverskog sloja i drugih virtualnih strojeva, odnosno aplikacije se mogu implementirati i raspoređivati bez izravne vezanosti za specifični fizički poslužitelj. Tehnika *klasteringa* omogućava tretiranje više poslužitelja kao jedan s većim mogućnostima. IBM *mainframe* računala koristila su sličnu tehnologiju u 60.-im godinama kako bi omogućila rad više korisnika bez njihove međusobne interakcije ili ometanja.¹⁹

¹⁶ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 80, 86.

¹⁷ Nirenjena, S. et al. (2017) A cloud computing revolution in business perspective. *Advances in Natural and Applied Sciences* [Online], 11 (8), str. 558-567. Dostupno na: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/June/558-566.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁸ Furht, B. i Escalante, A. (2010) *Handbook of cloud computing*. 3rd Ed. New York: Springer, str. 11.

¹⁹ Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co, str. 24 – 26.

Automatizacija dodjeljuje korisnicima resurse kroz samoposluživanje bez interakcije s pružateljem usluge, u skladu s unaprijed definiranom kvalitetom usluge (engl. Quality of Service, QoS). QoS je mehanizam za kontrolu rezervacije mrežnih resursa koji omogućuje dodjeljivanje različitih prioriteta različitim aplikacijama, korisnicima i tokovima podataka kako bi osigurao određenu razinu kvalitete usluge za neki tok podataka.²⁰

Pristup uslugama u oblaku odvija se putem sučelja za programiranje aplikacija (engl. Application Programming Interface, API). API je skup određenih pravila i specifikacija koje programeri slijede kako bi se mogli služiti resursima operacijskog sustava ili nekog drugog složenog programa. Nezaobilazan je u stvaranju novih aplikacija, jer umjesto pisanja novih programa iz temelja, programeri nastavljaju na radu drugih. Svaka vrsta usluge u oblaku treba ponuditi API putem kojega će se potraživati i kontrolirati resursi.²¹

2.2. Modeli pružanja usluga računarstva u oblaku

Servisni model računarstva u oblaku omogućuje isporuku nekog aspekta računarstva kao usluge. Omogućen je pristup raznim aspektima računarstva poput softvera, podataka ili spremišta podataka, bez potrebe poznavanja lokacije te računarske infrastrukture od strane korisnika.

Prije svega pružatelj usluge postavlja pitanje kakvu uslugu treba ponuditi korisniku, odnosno na koji način smjestiti korisničke podatke u oblak, a da odgovara skalabilnosti i distribuiranosti oblaka te kako provesti administriranje nad tim podacima. Kao odgovor na ta pitanja, IT usluge se mogu smjestiti unutar osnovna tri nivoa²²:

- Infrastructure-as-a-Service (IaaS) koji osigurava usluge na najnižem tehnološkom nivou - pružanje procesorskih usluga i skladištenja podataka,
- Platform-as-a-Service (PaaS) koji osigurava razvojne alate za izgradnju aplikacija i
- Software-as-a-Service (SaaS) koji opisuje model korištenja aplikacija na zahtjev.

²⁰ Furht, B. i Escalante, A. (2010) *Handbook of cloud computing*. 3rd Ed. New York: Springer, str. 22.

²¹ Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co, str. 27.

²² Davidović, V., Kukuljan, E. i Pogarčić, I. (2011) Cloud Computing: Što s bazom podataka (u oblacima)? U: Polonijo, M., ur. *Razvoj poslovnih i informatičkih sustava CASE 23*, 6.-8. lipnja 2011, Zagreb. Rijeka: Case d.o.o Rijeka [Online], str. 185-191. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/516728> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

2.2.1. *Infrastruktura kao usluga*

IaaS (engl. Cloud Infrastructure as a Service), odnosno Infrastruktura kao usluga pruža mogućnost korištenja računalne infrastrukture. Korisnici ne kupuju poslužitelje, programe, prostore za pohranu podataka ili mrežnu opremu, već kupuju hardverske usluge poput virtualnih strojeva na plaćaj-po-uporabi modelu. Dakle, korisnici mogu zakupiti okruženje za razvoj aplikacija bez hardverskih investicija i konfiguracije tog hardvera, uz mogućnost upravljanja različitim vrstama programske podrške, od operacijskog sustava do aplikacija.²³

2.2.2. *Platforma kao usluga*

PaaS (engl. Platform as a service), odnosno Platforma kao usluga uključuje razvojno okruženje za razvoj, testiranje, implementaciju i smještaj aplikacija u oblak, bez brige o pozadinskoj infrastrukturi. Korisnik gradi vlastite aplikacije koje se pokreću na infrastrukturi davatelja usluge, a aplikacije se korisnicima dostavljaju putem Interneta. Korisnik ne može provjeravati strukturu oblaka niti mrežu, operacijske sustave i poslužitelje, ali ima pristup i nadzor nad pokrenutim alatima koje može konfigurirati u okviru izvršnog okruženja. Naplaćuje se vrlo slično kao IaaS model, iako je pozadinska infrastruktura apstrakcijski izdvojena od platforme. Najpoznatiji primjer je Google App Engine.²⁴

2.2.3. *Softver kao usluga*

SaaS (engl. Software as a Service), odnosno Softver kao usluga korisniku pruža mogućnost uporabe specifičnih, već kreiranih aplikacija koje se nalaze u infrastrukturi oblaka. Jedna instanca softvera pokrenuta je u oblaku i poslužuje više korisnika ili klijentskih organizacija. Aplikacije su dostupne s različitih klijentskih uređaja putem klijentskog sučelja, primjerice web preglednika. Korisnik nema kontrolu nad pozadinskom infrastrukturom, uključujući i individualne aplikacijske mogućnosti.²⁵

²³ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 11. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

²⁴ Kalapatapu, A. i Sarkar, M. (2012) *Cloud Computing: An Overview*. U: Wang, L. et al. (eds.), *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. 1st Ed. Boca Raton: CRC Press, str. 14.

²⁵ Ibid.

Korištenjem ovog modela korisnici ne moraju investirati u nove poslužitelje i programske licence. Softveru pristupaju bilo gdje i bilo kada, jednostavnije dijele podatke te surađuju uz visoku razinu sigurnosti podataka unutar infrastrukture ponuditelja. Ubrzan je trend prijelaza na ovaj poslovni model, čime se izbjegava trošak kupnje, instalacije, nadgradnje i održavanja programa na uredskim ili osobnim računalima. Prvi ponuditelj ovakvog modela je Salesforce.com koji je ponudio online softver za upravljanje odnosom s kupcima (CRM), a u tu kategoriju spadaju i Google Gmail te Google Documents.²⁶

2.2.4. Ostali modeli pružanja usluga u oblaku

Među ostale modele mogu se svrstati²⁷:

- Analytics as a Service (AaaS), odnosno Analitika kao servis predstavlja set tehnologije velikih podataka (engl. Big Data) alata koji se mogu konfigurirati za obradu velikih količina heterogenih podataka. Time se omogućava znanstvenicima i analitičarima pristup podacima koje posjeduju ponuditelji usluga u oblaku.
- Storage-as-a-Service (SaaS), odnosno Prostor za pohranu kao usluga je poslovni model koji omogućuje pojedincima ili manjim kompanijama zakup prostora od većih ponuditelja usluga. Primjer je Dropbox.
- Database-as-a-Service (DbaaS), odnosno Baza podataka kao usluga omogućuje pristup softveru za upravljanje bazom podataka te pristup samoj bazi podataka, a naplaćuje se prema uporabi. Primjeri su Amazon DB te Microsoft Azure SQL Database.
- Information-as-a-Service (IfaaS), odnosno Informacija kao usluga je ideja da jedan sustav obuhvati veći broj sustava i repozitorija podataka te standardizira sve podatke primjenjujući određene operacije i transformacije nad podacima kako bi bili kompatibilni bez obzira na isporučitelja podataka. Primjeri su IBM i Microsoft.
- Process-as-a-Service (PaaS), odnosno Proces kao usluga se odnosi na udaljeni resurs koji nudi određene poslovne procese kao usluge. Primjerice, eBay je usluga za online aukcije, a Skype za VOIP telefoniju.

²⁶ Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online], str. 4. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

²⁷ Kalapatapu, A. i Sarkar, M. (2012) Cloud Computing: An Overview. U: Wang, L. et al. (eds.), *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. 1st Ed. Boca Raton: CRC Press, str. 1-28.

- Security-as-a-Service (SeaaS), odnosno Sigurnost kao usluga, dostavlja sigurnosnu jezgru putem Interneta. Primjeri su Antivirusni softver u oblaku, kompanija McAfee, Symantec i Trend Micro.

2.3. Infrastrukturni modeli računarstva u oblaku

Neovisno o modelima pružanja usluga, postoje četiri različita infrastrukturna modela, odnosno modela provođenja usluga računarstva u oblaku. Ovisno o specifičnim potrebama koriste se javni oblak, privatni oblak, hibridni oblak i zajednički oblak. Poslovne organizacije moraju dobro razmotriti sve mogućnosti prije donošenja odluke o izboru modela usluge, a mogu koristiti kombinacije različitih modela za rješavanje specifičnih problema.²⁸

2.3.1. Javni oblak

Javni oblak (engl. Public Cloud) je platforma čija je infrastruktura dostupna za otvoreno korištenje pojedincima ili organizacijama putem Interneta. Infrastruktura može biti u vlasništvu jedne ili više poslovnih, javnih ili vladinih organizacija. Javni oblaci se koriste kada aplikacije koristi veći broj korisnika, odnosno kada se radi suradnja više pojedinaca ili organizacija na zajedničkim projektima. Model se također koristi za privremene potrebe te kada je potreban vrlo velik rastući kapacitet za aplikacije. Prednost javnih oblaka je da oni mogu biti puno veći nego privatni oblaci. Nude mogućnost prebacivanja infrastrukturnih rizika s organizacija na davatelja usluga. Uporaba zajedničkih resursa između više pojedinaca ili organizacija smanjuje trošak ovakvog modela.²⁹

Aplikacije različitih korisnika često su smještene na istim poslužiteljima pa se postavlja pitanje sigurnosti vlastitih podataka. Problem je i fizička lokacija privatnih podataka smještenih u oblak, jer je podatkovni centar pod regulativom lokalnih zakona.³⁰

²⁸ Nirenjena, S. et al. (2017) A cloud computing revolution in business perspective. *Advances in Natural and Applied Sciences* [Online], 11 (8), str. 558-567. Dostupno na: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/June/558-566.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

²⁹ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 12. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

³⁰ NTT DATA (2014) *Cloud Computing: Transforming the Enterprise*. NTT Data White Paper [Online], str. 11. Dostupno na: https://www.ciosummits.com/White_Paper_-_Cloud_Computing_-_Transforming_the_Enterprise.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

2.3.2. Privatni oblak

Privatni oblak (engl. Private Cloud) predstavlja način korištenja infrastrukture javnog oblaka isključivo od strane jedne organizacije koja obuhvaća više korisnika i poslovnih jedinica. Takva jednokorisnička platforma omogućuje organizacijama implementaciju usluga u oblaku, zaštićenih vatrozidom, uz mogućnost kontrole fizičke alokacije podataka.³¹

Organizacije koriste privatne oblake kada trebaju veći nadzor nad podacima i najveću sigurnost imovine pohranjene na oblaku. Iako ne nudi uštedu kao javni oblak, oslanja se na pružatelja usluga u oblaku kao svojevrsno smanjenje rizika u poslovanju. Privatni oblak nudi većinu prednosti javnog oblaka, uz niži rizik gubitka kontrole nad podacima.³²

2.3.3. Zajednički oblak

Zajednički oblak (engl. Community Cloud) omogućava dijeljenje infrastrukture između nekoliko organizacija ili pojedinaca koji imaju zajedničke potrebe i zahtjeve za sigurnošću. Infrastrukturom može upravljati jedna ili više organizacija u zajednici, pružatelj usluga u oblaku, ili kombinacija navedenih strana. Može postojati na lokaciji zajednice ili izvan.³³

Tehnika dostave usluge u zajedničkom oblaku slična je javnom oblaku, međutim, ova vrsta usluge podržava posebne zahtjeve grupe organizacija. Organizacije unutar zajednice dijele računalne resurse koji se distribuiraju članovima s pravom pristupa. Primjerice, sva područja javne uprave na teritoriju Kalifornije, dijele infrastrukturu u oblaku i podatke o građanima.³⁴

2.3.4. Hibridni oblak

Hibridni oblak (engl. Hybrid Cloud) je skup dva ili više različitih oblaka (privatni, zajednički ili javni) koji su međusobno povezani standardiziranim ili vlasničkim tehnologijama koje omogućavaju efikasan prijenos podataka ili aplikacija. Stvoren je iz potreba korisnika za pokretanjem aplikacija na vlastitoj, ali i javnoj infrastrukturi. Može se smatrati proširenim

³¹ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 14. Dostupno na: <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

³² Furht, B. i Escalante, A. (2010) *Handbook of cloud computing*. 3rd Ed. New York: Springer, str. 7

³³ Nacionalni C.E.R.T., Op. cit., str. 13.

³⁴ Kalapatapu, A. i Sarkar, M. (2012) *Cloud Computing: An Overview*. U: Wang, L. et al. (eds.), *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. 1st Ed. Boca Raton: CRC Press, str. 13

privatnim oblakom kako bi ostvario skalabilnost na siguran način. Kada tvrtke nude usluge prilagođene za različita tržišta, može se koristiti javni oblak za interakciju s klijentima, a istovremeno se mogu čuvati zaštićeni podaci u privatnom oblaku. Mogućnost proširivanja privatnog oblaka s resursima javnog oblaka može se koristiti za održavanje uslužnih razina ili za izvođenje zahtjevnih zadataka koji se mogu sigurno izvesti u okruženju javnog oblaka.³⁵

Ovaj model omogućava zaštićenim informacijama ostanak iza vatrozida, a optimizacijom rasporeda aplikacija i podataka u oblak, performanse sustava mogu biti vrlo visoke. Zbog svojih prednosti, hibridni model je u praksi najviše korišten od strane velikih poslovnih organizacija.³⁶

2.4. Pružatelji usluga računarstva u oblaku

Velik broj ponuditelja usluga nudi široku paletu usluga računarstva u oblaku, međutim većina velikih kompanija kao srž poslovanja nudi iste ili slične usluge.

2.4.1. Amazon Web Services

Amazon je među prvim organizacijama koje su lansirala rješenja namijenjena široj javnosti, a koji i dalje ima jedan od najrazrađenijih kompleta mogućnosti. Kroz sustav Amazon Web Services (AWS) 2006. god. ponudili su vanjskim korisnicima pristup Amazonovoj računalnoj infrastrukturi. Iskoristili su višak računalne moći iz vlastitih podatkovnih centara koji su podupirali njihov sustav maloprodaje. Već 2008. godine imali su preko 500 tisuća korisnika.³⁷

Najpoznatija usluga je Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) koja korisnicima nudi pristup virtualnim serverima putem jednostavnog Web sučelja. EC2 usluga najbližnja je fizičkom hardveru, uz koju korisnici mogu kontrolirati gotovo sve razine sustava. Upravo ta mogućnost otežava automatsku skalabilnost te akcije u slučaju kvara sustava, jer je konfiguracija najnižih

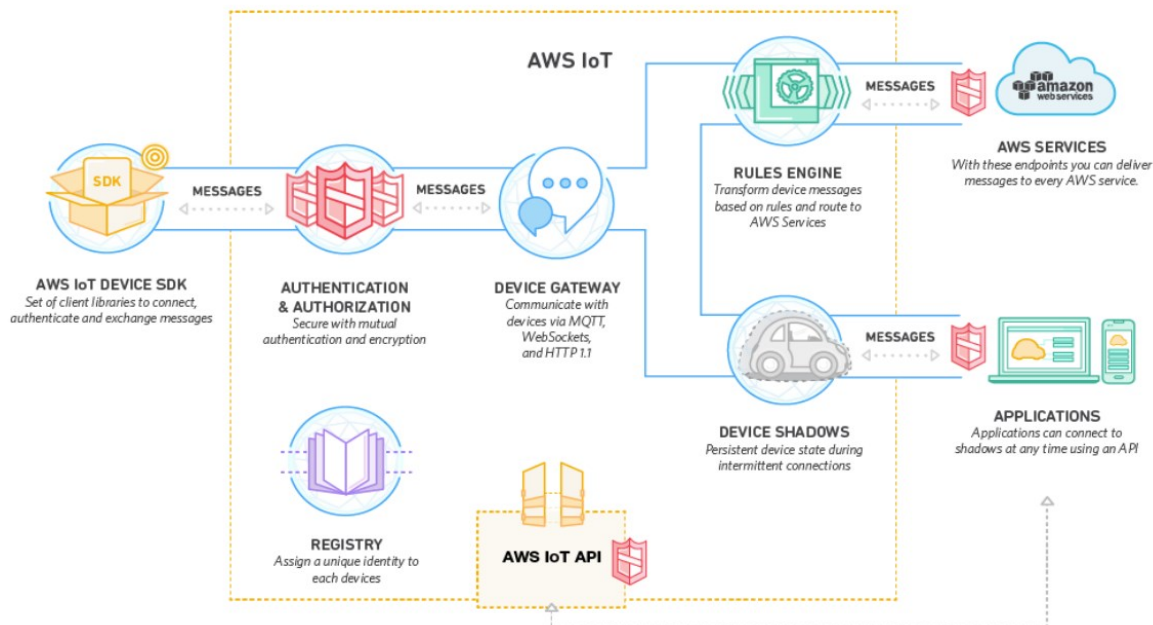
³⁵ Nirenjena, S. et al. (2017) A cloud computing revolution in business perspective. *Advances in Natural and Applied Sciences* [Online], 11 (8), str. 558-567. Dostupno na: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/June/558-566.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

³⁶ NTT DATA (2014) *Cloud Computing: Transforming the Enterprise*. NTT Data White Paper [Online], str. 12,13. Dostupno na: https://www.ciosummits.com/White_Paper_-_Cloud_Computing_-_Transforming_the_Enterprise.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

³⁷ Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co, str. 37

slojeva sustava prepuštena korisniku. Osim EC2 uslugom, Amazon se istaknuo ponudom AWS IoT platforme prikazane na slici 1.³⁸

Slika 1. Amazon Web Services IoT



Izvor: Vermesan, O. et al. (2016). *IoT business models framework*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D02_01_WP02_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

2.4.2. Google CloudPlatform

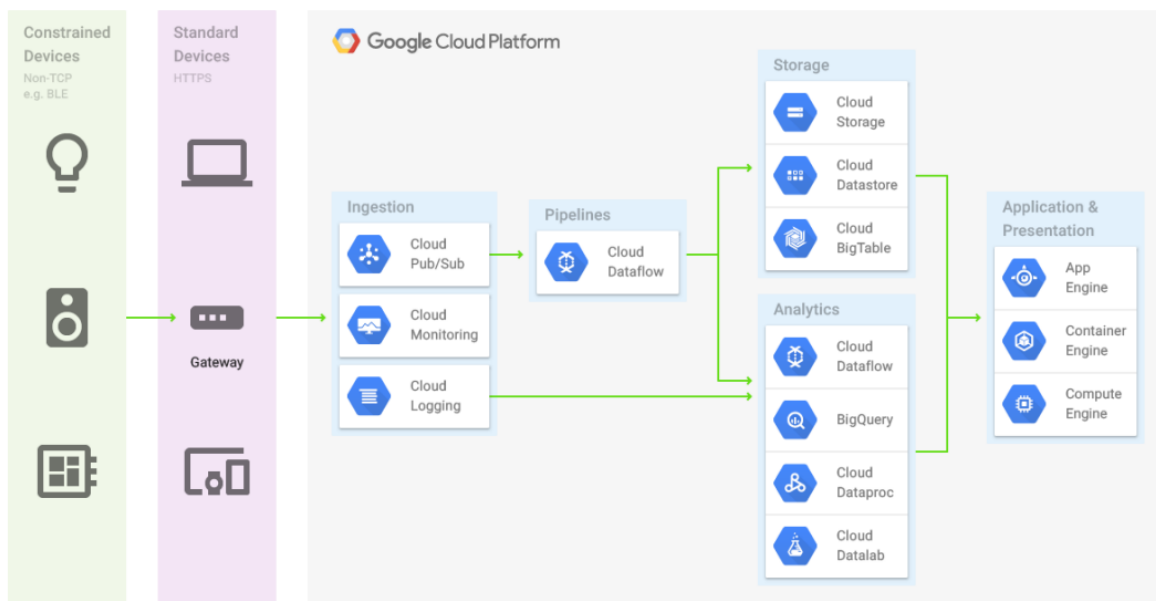
Google CloudPlatform nudi slične usluge kao AWS, prikazane na slici 2. Centar ponude ove platforme je Google App Engine po modelu usluge platforma kao softver u oblaku. Namijenjena je tradicionalnim web aplikacijama, uz strogu uporabu aplikacijske strukture gdje su razdvojeni slojevi računanja i slojevi za pohranu podataka. Aplikacije se izvršavaju u zaštićenoj okolini s ograničenim pristupom nižim slojevima sustava, odnosno izolirane su od hardvera, operacijskog sustava i fizičke lokacije poslužitelja. App Engine može vrlo jednostavno distribuirati zahtjeve prema aplikaciji na više poslužitelja, čime je omogućena impresivna skalabilnost i visoka dostupnost usluge.³⁹

³⁸ Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online], str. 2. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

³⁹ Ibid.

Usluga App Engine je fokusirana na web aplikacije koje koriste strukturu *zahtjev – odgovor*. Takve aplikacije pretpostavljaju duža razdoblja bez aktivnog procesnog računanja, kao što je primjerice ljudska interakcija. Trošak se obračunava po uporabi, odnosno u obzir se uzimaju ciklusi računanja na automatski skaliranoj infrastrukturi, a ne vrijeme korištenja usluge, što uslugu čini vrlo povoljnom.⁴⁰

Slika 2. Google Cloud Platform



Izvor: Vermesan, O. et al. (2016). *IoT business models framework*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D02_01_WP02_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

2.4.3. Microsoft Azure

Microsoft s nizom usluga unutar platforme Windows Azure nudi računarstvo na zahtjev, prostor za pohranu te upravljanje web aplikacijama unutar Microsoftovih podatkovnih centara. Azure prije svega pruža uslugu po modelu Infrastruktura kao usluga (IaaS) poput Amazonovog EC2. S druge strane, Microsoft želi parirati Google-u na SaaS razini, te se velik broj Microsoftovih korisničkih aplikacija prebacuje u oblak.⁴¹

⁴⁰ Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co, str. 42.

⁴¹ Ibid., str. 39.

2.4.4. Ostali veći pružatelji usluga u oblaku

Salesforce.com je najpoznatija usluga po modelu Softver kao usluga (Saas), koja je i započela trend pomaka u oblak. Ova usluga obuhvaća softver za upravljanje odnosima s kupcima (CRM) koji se izvodi u oblaku od 1999. godine. Google i Salesforce uveli su integraciju između App Engine-a i CRM alata kako bi obje infrastrukture mogle pristupati podacima u repozitoriju Salesforce.com. Više od 59 tisuća organizacija koristi uslugu Salesforce.com za upravljanje odnosom s kupcima, što čini ovu uslugu jednom od najuspješnijih.⁴²

VMware ima širok portfelj usluga u oblaku. Oslanjaju se na veliko iskustvo u upravljanju virtualizacijom pa tako nude oko tisuću aplikacija koje se mogu pokrenuti u virtualnom okruženju. Ipak, cilj ove kompanije je ostvariti dominaciju svog OS-a na tržištu podatkovnih centara koji pružaju usluge u oblaku, poput Microsoft-a na tržištu osobnih računala. Kao prednosti navode do 50 posto uštede u prostoru za pohranu podataka, uz energetske uštede do 20 posto.⁴³

2.5. Prednosti i nedostaci računarstva u oblaku

Organizacije svih veličina prihvaćaju tehnologije u oblaku kako bi unaprijedile svoje poslovanje. Osim odabira vrsta usluge i pružatelja usluge, kod smještanja svojih podataka u oblak treba analizirati i potencijalne probleme. Unatoč reduciranju početnih troškova, današnji korisnici više brinu o kvaliteti usluge nego o cijeni.⁴⁴

2.5.1. Ekonomske prednosti

Infrastruktura se iznajmljuje po potrebi, a mogućnost plaćanja samo onih resursa koji su korišteni prebacuje rizik kupovine infrastrukture na ponuditelja usluge u oblaku. Nema troškova izravno vezanih uz kupovinu licenciranih programa kao ni troškova vezanih uz njihovu instalaciju, konfiguraciju i kasnije održavanje, ili troškova za dodatno IT osoblje.⁴⁵

⁴² Nirenjena, S. et al. (2017) A cloud computing revolution in business perspective. *Advances in Natural and Applied Sciences* [Online], 11 (8), str. 558-567. Dostupno na: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/June/558-566.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 94.

⁴⁵ Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online], str. 16. Dostupno na:

Eliminacija kapitalnih izdataka pri ulasku tvrtki na nova tržišta, dovodi do jednakih uvjeta na tržištu. Malim organizacijama niski početni troškovi omogućuju brz razvoj novih proizvoda čime se povećava tempo inovacija i napredak cjelokupne industrije. Nadalje, veliki podatkovni centri s desecima tisuća računala, zbog ekonomije obujma, imaju mogućnost kupovine dodatne infrastrukture po cijeni pet puta nižoj nego podatkovni centri srednje veličine sa stotinama računala, što pozitivno utječe na cijenu usluge.⁴⁶

2.5.2. Tehnološke prednosti

Administratori sustava u organizacijama brinu za najbolje iskorištavanje infrastrukture te za nabavku sklopovlja kako ne bi ostali bez potrebnih kapaciteta. Prebacivanjem arhitekture u oblak, učinkovitije upravljaju resursima jer imaju mogućnost pristupa gotovo neograničenim resursima samo kada su im potrebni čime umanjuju potrebu za planiranjem uporabe resursa i financijske rizike. U praksi, većina ponuditelja ima dostatnu infrastrukturu koja može podnijeti brzi rast i visoka opterećenja pojedinih korisnika, a kvaliteta usluge (QoS) garantira korisnicima određenu razinu performansi usluge u oblaku. Usluge u oblaku mogu se distribuirati u nekoliko različitih podatkovnih centara, što donosi veću pouzdanost u odnosu na lokalni podatkovni centar.⁴⁷

2.5.3. Ekonomski nedostaci

Organizacije na lokalnoj mreži mogu koristiti vlastite softverske pakete ili Open Source alternative. Ako pružatelj usluga u oblaku ne podržava takve aplikacije, alternativa su skupe licence za određene softverske pakete. Rješenje su nove Cloud licence po modelu plaćaj-po-uporabi kakve nudi Microsoft za Windows Server.⁴⁸

Iako organizacije štede uporabom usluga u oblaku, mogući su visoki troškovi mrežnog prijenosa podataka kod aplikacija koje obrađuju veće količine podataka. Prilika za smanjenje troškova prijenosa putem Interneta je slanje fizičkih diskova u podatkovni centar. Primjerice,

<https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁴⁶ Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online], str. 5. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁴⁷ Ibid., str. 1.

⁴⁸ Ibid., str. 19.

skupina korisnika sa sveučilišta Berkeley, poslala je 10 TB podataka na fizičkim diskovima u Amazonov podatkovni centar. Uz dostavu, unos i obradu tih podataka, podaci su bili na mreži unutar 24 sata, dok bi Internetski transfer trajao nekoliko dana.⁴⁹

2.5.4. Tehnološki nedostaci

Nepostojanje standarda za povezivanje aplikacija različitih proizvođača te premještanje podataka ili aplikacija onemogućuje jednostavan prijenos podataka s infrastrukture jednog ponuditelja do drugog. S druge strane, dijeljenje velike količine ograničenih resursa između više korisnika moguće su varijacije u performansama aplikacija u oblaku. Prema ispitivanju, usluge u oblaku imale su ogromne varijacije u performansama ovisno o opterećenju. CPU i memorija se mogu virtualizirati i time njihove performanse izolirati od ostatka sustava, ali mehanički diskovi za pohranu ne. U budućnosti se očekuje veća uporaba poluvodičke memorije što će problem umanjiti. Mogući problemi za korisnike koji su udaljeni od podatkovnog centra su latencija i kašnjenje signala.⁵⁰

Unatoč varijacijama u performansama, dostupnost usluga u oblaku bila je na visokoj razini. Danas Google tražilica predstavlja „signalni ton“ Interneta – ako bi korisnici pokušali pristupiti tražilici, a ona nije dostupna, prvo bi posumnjali u svoj Internetski priključak.⁵¹

2.5.5. Rizici poslovanja u oblaku

Unutar prostora organizacije, same organizacije zadržavaju kontrolu nad infrastrukturom, a prelaskom u oblak, kontrolu prepuštaju pružatelju usluge koji nudi jedinstvene usluge, često uz vlasničke tehnologije. Računarstvo u oblaku nije nužno manje sigurno od uobičajenog lokalnog pristupa poslužiteljima. Oboje su otvoreni napadi s Interneta, ali i iznutra.⁵²

⁴⁹ Ibid., str. 16.

⁵⁰ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 83.

⁵¹ Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online], str. 14-17. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁵² Latif et al. (2014). *Cloud Computing Risk Assessment: A Systematic Literature Review*. U: Park, J. et al. (eds.), *Future Information Technology*, str. 285-295. Berlin: Springer, str. 285-295.

Sigurnost pri kontroli pristupa podacima je obavezna. Podacima unutar organizacije određena su prava pristupa za pojedine korisnike. Međutim, kada su podaci smješteni izvan prostora organizacije teže je znati tko sve ima pristup podacima i postaje važno pitanje kojih se sigurnosnih standarda pružatelj usluga pridržava. Pružatelj usluga u oblaku treba garantirati sigurnu fizičku alokaciju korisničkih podataka, treba educirati osoblje te implementirati fizičku kontrolu pristupa podatkovnom centru, jer ni najbolji vatrozid neće zaštititi podatke od fizičke krađe medija.⁵³

Pružatelj usluge treba nuditi dupliciranje podataka na više fizičkih sustava. Međutim, u slučaju brisanja podataka, moguće je naći kopije podataka u drugim sustavima, a zbog dijeljenja podatkovnih diskova s drugim korisnicima, nije moguće fizički uništiti diskovne medije.⁵⁴

Problem oko gubitka vlasti nad podacima je velik. Kada korisnik prenese podatke u oblak, pružatelji usluge efektivno preuzimaju vlast. U slučaju gubitka podataka, gubitak je najčešće trajan. Tako je 2008. god. tvrtka linkUP ugašena nakon što je izgubila 45 posto podataka svojih korisnika. Pravni okvir također je vezan za fizičku lokaciju podatkovnog centra. Organizacije sa sjedištem u Europi i Aziji zabrinute su za smještanje svojih podataka na podatkovne centre u SAD-u jer lokalni zakoni omogućavaju američkim vlastima pristup njihovim podacima.⁵⁵

2.6. Primjene u poslovanju

Računalstvo u oblaku ima značajnu ulogu u sferama e-poslovanja, internetskih tražilica, rudarenja podataka, znanstvenih izračuna, IPTV i ostalih online tržišta. Primjeri primjene su osnovne web aplikacije koje nude pohranu podataka, E-mail, usluga Google Maps za razvoj karata te ostali Web 2.0 servisi.⁵⁶

⁵³ Ibid.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 83, 108.

⁵⁶ Kalapatapu, A. i Sarkar, M. (2012) *Cloud Computing: An Overview*. U: Wang, L. et al. (eds.), *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. 1st Ed. Boca Raton: CRC Press, str. 25.

Tržište usluga u oblaku prošlo je tranziciju od ranih usvajača i uspješnih pilot projekata do svakodnevne uporabe od strane vodećih organizacija. U budućnosti, većina ljudi će softver na osobnim računalima zamijeniti aplikacijama na mobilnim uređajima ili će pristupati web aplikacijama poput Google Documents.⁵⁷

Javne uprave su odavno prihvatile tehnologije u oblaku kao rješenje za potrebe pohrane podataka. Primjeri su australska javna uprava koja je u potpunosti „prebačena“ u oblak, te američko Ministarstvo socijalne skrbi.⁵⁸

Obrazovne ustanove, osim korištenja usluge elektroničke i resursa za pohranu podataka, koriste i sustav za upravljanje e-učenjem u oblaku, primjerice Moodle ili Merlin.

⁵⁷ Ibid., str. 7.

⁵⁸ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 89.

3. REVOLUCIJA INTERNETA STVARI

Internet stvari spaja stvarni život i fizičke aktivnosti s virtualnim svijetom. Iako je koncept star preko 10 godina, svakodnevni rast povezanih uređaja čini ga važnom temom u gotovom svakom aspektu ljudskog života. Mobilni uređaji premašili su broj tradicionalnih računala u 2015. godini, a broj uređaja i fizičkih objekata koji komuniciraju putem Interneta i čine Internet stvari trenutno je veći od svjetske populacije.⁵⁹

3.1. Definicija Interneta stvari

"Internet of Things" (skraćeno: IoT) u hrvatskom jeziku slobodno prevedeno kao Internet stvari, predstavlja mrežu fizičkih objekata ili stvari s ugrađenom elektronikom, softverom i senzorima opremljenih za prikupljanje, obradu i razmjenu podataka. Fizički objekti postaju dio virtualnog svijeta, mogu biti kontrolirani putem Interneta ili mogu biti pristupna točka Internetu. Dakle, IoT omogućuje interakciju ljudi s uređajima i uređaja s uređajima koji mogu očitavati podatke iz okoline te dostavljaju informacije putem Interneta, uz mogućnost daljnje analize i obrade tih podataka.⁶⁰

3.1.1. Prednosti

Razvoj pokretnog i mobilnog IT okruženja ovisi najviše o inovativnosti korisnika pri razvoju aplikacija, a Internet stvari je idealna platforma za poticanje inovativnosti u tom sektoru. Digitalno unapređenje konvencionalnih objekata povećava njihove mogućnosti i time generira značajnu dodanu vrijednost za korisnike, od kojih je najveća kategorija „senzor kao usluga“.⁶¹

Rezultat su veće efikasnosti u svim sferama industrije, poput energetike, aeronautike, prijevoza i logistike te zdravstva. Moguće je otkriti kvar u ranoj fazi proizvodnje putem obavijesti generiranih od IoT uređaja te izbjeći značajniji zastoj u proizvodnji. Uvođenjem Interneta

⁵⁹ Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁶⁰ Mattern, F. i Floerkemeier, C. (2010) From the Internet of Computers to the Internet of Things. U: Sachs, K., Petrov, I. i Guerrero, P. *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*. Berlin: Springer, str. 242.

⁶¹ Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/f423/05d55f71dfc07a018654f4be40aa12d40b952.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

stvari, predviđa se godišnji rast produktivnosti između 1 i 1,5 posto, odnosno između 25 i 40 posto tijekom sljedećih 20 godina.⁶²

Primjena Interneta stvari generira veće količine podataka no ikada, ali uz puno veću točnost tih podataka, jer se umanjuje mogućnost ljudske pogreške, bilo pogreške pri mjerenju ili pri unosu podataka. Kod automatskog prikupljanja podataka i dalje su moguće mjerne pogreške senzora zbog kvara, šuma ili propuštenih mjerenja.⁶³

3.1.2. Nedostaci

Internet stvari kao generator podataka može biti koristan jedino ako može reducirati količinu prikupljenih podataka samo na one potrebne i korisne, uz istovremeno minimiziranje energetske potrošnje.⁶⁴

Tehnološka fragmentacija s aspekta stvari velik je problem. Različite platforme različitih proizvođača ograničene su i rijetko kompatibilne s drugim uređajima ili sensorima. U softverskom svijetu, pogreška u kodu može biti relativno lako ispravljena, ali u hardverskom svijetu ne. Pogreška na proizvodu koji je prodan u više tisuća primjeraka, vrlo je skupa i donosi velik rizik za imidž tvrtke.⁶⁵

Sigurnost je veliko pitanje u svim mrežama, a pogotovo u IoT mrežama. Svaki senzor ili uređaj spojen na Internet predstavlja rizik kroz tri točke: fizički uređaj, lokalnu mrežu ili usluge u oblaku. Potrebna je visoka razina sigurnosne zaštite kako bi se umanjili sigurnosni rizici.

⁶² Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁶³ Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/f423/05d55f71dfc07a018654f4be40aa12d40b952.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁶⁴Patil, S. et al., Op. cit., str. 76–80.

⁶⁵ Fleisch, E., Weinberger, M. i Wortmann, F. (2015) Business Models and the Internet of Things (Extended Abstract). U: Podnar Žarko, I., Pripužić, K. i Serrano, M. (eds.), *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things* [Online]. Cham: Springer International Publishing. Dostupno na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16546-2_2 [Pristupljeno: 28. lipnja 2018.]

3.2. Razvoj Interneta stvari

Danas je većina svakodnevnih objekata povezana što potiče digitalnu preobrazbu i omogućava potpuno nove aplikacije, modele poslovanja i tokove prihoda u svim sektorima. S tehničke strane, Internet stvari nije rezultat samo jedne tehnologije, nego više tehnologija.⁶⁶

Mnogi smatraju kao početak koncepta Interneta stvari izum bankomata 1930.-ih godina ili barkoda u 1940-ima. S druge strane Internet je ključan za razvoj Interneta stvari. Nastanak Interneta vezan je uz izgradnju ARPANET-a 1969. godine, kao mreže koja bi povezala stručnjake i istraživače diljem SAD-a.⁶⁷

1. Od dva računala na UCLA i sveučilištu Berkeley, broj povezanih računala 1972. god. narastao je na četrdeset.
2. Između nekoliko mreža, neplanski i pomalo stihijski razvio se kompleksan mrežni sustav koji se počeo nazivati Internet.
3. 1992. godine povezano je više od milijun većih računala diljem svijeta, te je usvojena Deklaracija UN-a o Internetu kao općem dobru čovječanstva.
4. Razvoj World Wide Web usluge afirmirao je Internet kao kvalitetnu tehničku infrastrukturu za razmjenu informacija, ali i atraktivan poslovni prostor. Internet je prerastao u globalni gospodarski prostor.
5. Početkom 21.stoljeća primjena mobilnih komunikacijskih tehnologija dovela je do razvoja novih tehnologija, skupno nazvanih Web 2.0. Rodio se fenomen društvenog umrežavanja (engl. Social networking) koji omogućuje jednostavno dijeljenje informacija, sadržaja i iskustava između članova on-line zajednice.

Početak 21. stoljeća naziva se erom pokretnih tehnologija koja je dovela do svakodnevnog korištenja mobilnih tehnologija u razmjeni dobara, usluga, informacija i znanja. Danas se nalazimo u eri sveprisutnog računarstva, u fizičkom svijetu koji je nevidljivo umrežen

⁶⁶Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

⁶⁷ Panian, Ž. (2013) *Elektroničko poslovanje druge generacije*. Zagreb: Ekonomski fakultet Zagreb, str. 3-10.

senzorima, zaslonima i drugim računalnim elementima povezanim putem mreže, te integriranim u svakodnevni život.⁶⁸

Bez obzira na razvoj, sa sigurnošću možemo reći da je fraza „Internet of Things“ prvi puta korištena 1999. godine u prezentaciji za P&G kompaniju, gdje je povezana RFID tehnologija u lancu dobave s Internetom. Kao problem Interneta tada je navedena ovisnost Interneta o unosu podataka i informacija od strane čovjeka koji ima ograničeno vrijeme, resurse i određenu nepreciznost u svom radu.⁶⁹

Nakon početnog uspjeha tržišta Interneta stvari, došlo je do pojave velikog broja razvojnih tvrtki koje su poticale inovaciju na tržištu. U 2013. godini javio se veći industrijski interes za Internet stvari, a 70 posto ponuđenih IoT platformi danas, pokrenuto je u 2013. godini ili kasnije. Danas, vodeće IT tvrtke, tvrtke za izradu poluvodiča, pa čak i vlade diljem svijeta surađuju na promicanju uporabe Interneta stvari, stoga se očekuje da će ova suradnja u budućnosti cijelom vrijednosnom lancu donijeti pozitivne rezultate.⁷⁰

3.3. Hardverske IoT platforme

Objekti, senzorski uređaji, komunikacijska infrastruktura i akcije upravljačkog sustava u oblaku čine gradivne elemente koji se mogu koristiti u svim slojevima Interneta stvari, a zajedno čine IoT platforme. Danas je na tržištu prisutno više od 360 aktivnih organizacija koje nude IoT platforme, od kojih čak 45 posto razvija kompletne IoT platforme, a preostalih 55 posto razvija poluvodičke tehnologije, senzore te komunikacijski hardver.⁷¹

⁶⁸ Ibid., str. 165.

⁶⁹ Ashton, K. (2009) That ‘Internet of Things’ Thing. *RFID journal* [Online]. Dostupno na: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁷⁰ Gluhak, A. et al. (2016) *Report on IoT platforms activities*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online], str. 19-22. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D03_01_WP03_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

⁷¹ Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/f423/05d55f71dfc07a018654fbc40aa12d40b952.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Slika 3 prikazuje višeslojnu arhitekturu platformi Interneta stvari. Funkcionalni slojevi su hardverski sloj, funkcija upravljanja uređajima, mrežni sloj koji podržava prijenos podataka te usluge u oblaku poput upravljanja podacima i sučelja koje povezuje korisnike s aplikacijama. Najvažnija funkcija hardverske platforme je upravljanje uređajima, odnosno provjera ispravnosti rada fizičkih uređaja te automatska nadogradnja programske podrške na posljednju inačicu na tim uređajima.⁷²

Slika 3. Funkcionalni slojevi IoT platformi



Izvor: Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online]. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

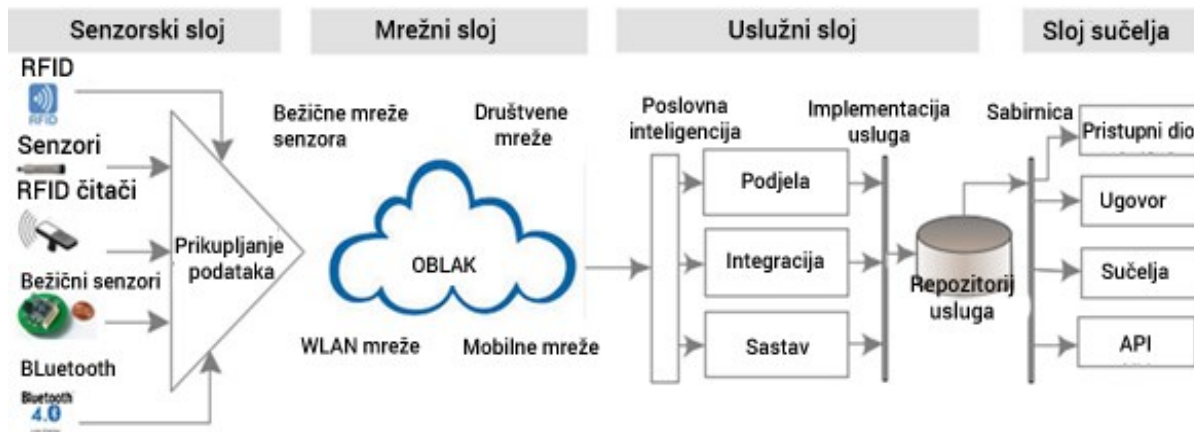
3.4. Softverske IoT platforme

IoT platforme obuhvaćaju najviši sloj inteligencije i ljudskog sučelja koje povezuje pametne uređaje i web usluge. Osim toga, upravljaju sigurnošću usluge i privatnošću podataka te povezuju heterogene IoT uređaje uzimajući u obzir različite tehnologije i komunikacijske standarde, putem jednostavnih API-ja koje pružaju razvojnim programerima.⁷³

⁷² Gluhak, A. et al. (2016) *Report on IoT platforms activities*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online], str. 17. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D03_01_WP03_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

⁷³ Minerva, R., Biru, A., i Rotondi, D. (2015) Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative* [Online], 1, str. 59. Dostupno na:

Slika 4. Višeslojna arhitektura IoT platformi



Izvor: Li, S., Xu, L.D. i Zhao, S. (2015) The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers* [Online], 17 (2), str. 245. Dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Višeslojnu arhitekturu IoT platformi, prikazanu na slici 4, čini sloj za prikupljanje podataka, mrežni sloj za prijenos podataka, uslužni sloj te sučelje. Uslužni sloj povezuje hardver i poslovni sustav u oblaku, odnosno konfigurira hardver, te priprema podatke za daljnju uporabu u oblaku. Od uslužnog sloja se očekuje podržavanje osnovnih zahtjeva od strane aplikacije, odnosno potrebnih API-ja i mrežnih protokola. Može biti smješten na računalima unutar lokalne mreže pametnih uređaja, primjerice u tvornicama ili distribucijskim centrima, ali češće se izvodi u oblaku.⁷⁴

Putem sloja sučelja odvija se interakcija s korisnikom, konfigurira se cijeli sustav te se putem vizualizacijskih alata prikazuju podaci. Time se omogućuje jednostavnije praćenje događaja i pregled prikupljenih podataka.⁷⁵

https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf [Pristupljeno: 4. kolovoza 2018.]

⁷⁴ Li, S., Xu, L.D. i Zhao, S. (2015) The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers* [Online], 17 (2), str. 249. Dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁷⁵ Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/f423/05d55f71dfc07a018654fbc40aa12d40b952.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Na tržištu IoT softverskih platformi veće organizacije često nude veću funkcionalnost. Podržavaju bolju integraciju poslovnog sustava te naprednije alate za analizu. Ovo je vrlo važno, jer je najveća vrijednost Interneta stvari u integraciji s postojećim poslovanjem te pri analizi podataka na inovativne načine. Među organizacijama koje nude IoT platforme su Amazon, IBM i Microsoft.⁷⁶

3.4.1. Amazon AWS IoT

Amazonova IoT platforma sastoji se od usluge u oblaku koja omogućuje povezivanje različitih uređaja međusobno te s oblakom. Nudi upravljanje uređajima i softver za upravljanje poslovnim pravilima koji transformira poruke iz uređaja u akcije prema drugim AWS uslugama računarstva u oblaku. Amazonov poslovni model je plaćanje po uporabi i ne ovisi o broju spojenih uređaja, nego o broju razmijenjenih poruka između uređaja i oblaka. Dostava poruka između AWS usluga je besplatna, ali se usluge naplaćuju čime Amazon potiče unakrsnu prodaju usluga. Amazon ima određenu prednost na IoT tržištu jer već posjeduje infrastrukturu (e-trgovina) putem koje može prodavati IoT uređaje.⁷⁷

3.4.2. Microsoft Azure IoT Hub

Microsoftova IoT platforma pod nazivom Azure IoT Hub potpuno je integrirana u skup usluga u oblaku, naziva Azure. Omogućuje pouzdanu komunikaciju između oblaka i milijuna IoT uređaja. Osim toga, Microsoft nudi i hardverske uređaje.⁷⁸

3.4.3. IBM Watson IoT

IBM Watson IoT platforma nudi upravljanje uređajima, uslugu pohrane podataka, poslovnu analitiku te uslugu za upravljanje rizicima, koja može kreirati tzv. dashboard-e ili upozorenja. IBM-ov poslovni model se zasniva na diferencirano određenim cijenama, koje ovise o broju spojenih uređaja. Kako bi smanjili barijere pristupa uslugama, nude određene mogućnosti

⁷⁶ Vermesan, O. et al. (2016). *IoT business models framework*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D02_01_WP02_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

⁷⁷ Ibid.

⁷⁸ Ibid.

financiranja za manje tvrtke. S druge strane, IBM Watson analitički alati su vrlo cijenjeni u poslovnom svijetu.⁷⁹

3.4.4. *Open Source alternative*

Zbog visokih cijena određenih IoT platformi i njihovih vlasničkih protokola došlo je do značajnog razvoja Open Source IoT platformi. U projektima Europske IoT inicijative samo četiri IoT platforme su korištene više puta, od kojih su čak tri bile Open Source platforme.⁸⁰

3.5. Mrežne tehnologije

Rast broja mobilnih uređaja te veći opseg Interneta stvari potiču transformaciju mrežne infrastrukture. Problem s velikim brojem IoT uređaja je njihova identifikacija na mreži. Kao rješenje se nameće IPv6 protokol koji zadovoljava potrebe za adresiranjem velikog broja uređaja.⁸¹

3.5.1. *RFID identifikacija*

Radio-frekvencijska identifikacija ili RFID ključna je tehnologija za razvoj Interneta stvari. Korijeni RFID tehnologije sežu do drugog svjetskog rata kroz primjenu radara. Na temelju radara razvijeni su prvi sustavi protiv krađe artikala u trgovinama. Elektroničke etikete koje se stavljaju na artikle, reflektiraju natrag signal iz odašiljača, postavljenih na izlazu iz trgovine. U slučaju uzvraćenog signala iz elektroničke etikete, oglasio bi se alarm. Zbog visoke zrelosti tehnologije, niske cijene i široke primjene, RFID je još uvijek predvodnik u tehnologijama Interneta stvari.⁸²

⁷⁹ Ibid.

⁸⁰ Gluhak, A. et al. (2016) *Report on IoT platforms activities*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online], str. 90. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D03_01_WP03_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

⁸¹ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 284.

⁸² Minerva, R., Biru, A., i Rotondi, D. (2015) Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative* [Online], 1, str. 7-10. Dostupno na: https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf [Pristupljeno: 4. kolovoza 2018.]

3.5.2. M2M komunikacija

Važna točka razvoja IoT tehnologije bila je pojava M2M (engl. Machine-to-Machine) komunikacije, koje je putem GSM mreže omogućila komunikaciju između digitalnih uređaja bez ljudske intervencije. Dostupnost tehnologije koju pružaju gotovo sve vodeće atraktivna je za primjenu u IoT mrežama.⁸³

Varijanta M2M komunikacije je i Meter-Bus (M-Bus). To je europski standard, posebno dizajniran za prijenos očitanih stanja brojila distributeru putem GSM, UMTS i LTE mreža. Međutim, moderne UMTS i LTE mreže dizajnirane su za velik protok podataka uz visoke hardverske zahtjeve za uporabu, što znači visoke troškove takvih usluga.⁸⁴

3.5.3. LPWAN mreže

Istaknute tehnologije za prijenos podataka na manje udaljenosti su ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi te Wireless Metropolitan Area Network (WiMAX). Wi - Fi je najpopularnija tehnologija, uz visoku dostupnost, ali i visok sigurnosni rizik, a primjena je skuplja zbog većih hardverskih zahtjeva i energetske potrošnje. ZigBee se zasniva na IEEE 802.15.4 standardu bežične mreže uz nisku energetske potrošnju. Ograničena je na kratke udaljenosti, malu mrežnu propusnost i mrežne topologije do 255 čvorova. Međutim, zbog niske cijene i visoke sigurnosti tehnologije atraktivna je opcija.⁸⁵

LoRaWAN je otvoreni standard koji definira komunikaciju putem nisko-energetske, širokopojasne mreže, posebno razvijene za potrebe IoT mreža uz dvosmjernu komunikaciju, visoku razinu sigurnosti te geolokacijske usluge.⁸⁶

⁸³ Ibid., str. 12.

⁸⁴ Mehmood, Y. et al. (2017) Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine* [Online], 55 (9), str. 16–24. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8030479/> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁸⁵ Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 97. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁸⁶ LoRa Alliance (2018) *2017 End of year report*. LoRa Alliance: Wide Area Networks for IOT [Online]. Dostupno na: <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/LoRa-Alliance-Annual-Report.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

3.5.4. MQTT protokol

Kao alternativa HTTP protokolu na uređajima s ograničenim mogućnostima i mrežama s ograničenim brzinama, razvijen je MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokol. Dizajniran je kao nezahtjevan protokol na bazi pretplate na poruke preko posrednika. Klijent je povezan s posrednikom (poslužitelj), koji obrađuje primljene poruke i dalje ih prosljeđuje velikom broju klijenata, ovisno o kriterijima pretplate. Karakteristični su vrlo mali zahtjevi za uređaje i mrežnu infrastrukturu, a većina IoT platformi u oblaku podržava ovaj protokol.⁸⁷

3.6. Primjene Interneta stvari

U dnevnom poslovanju sve više se koriste usluge u oblaku poput tražilica, kartografije ili društvenih medija. Mogućnosti koje nudi Google, Facebook i Twitter, osnova su marketinških strategija, a 15 posto tvrtki već koristi IoT u svom poslovanju.⁸⁸

Slika 5 prikazuje primjenu Interneta stvari u gotovo svim područjima. Najčešća uporaba je u transportu, logistici, trgovini, industrijskoj proizvodnji, zdravstvu, energetskom sektoru i pametnim gradovima. Primjenu Interneta stvari u B2C segmentu predvodi pametan dom i zdravstvo, a u B2B segmentu proizvodnja i pametni gradovi.⁸⁹ Sve veći broj privatnih korisnika rabi koncept pametnog doma. Udaljena kontrola kućanskih aparata poput uređaja za klimatizaciju i perilica rublja omogućava značajne energetske uštede. S druge strane, pametni nadzor i alarmni sustav omogućavaju veću sigurnost.⁹⁰

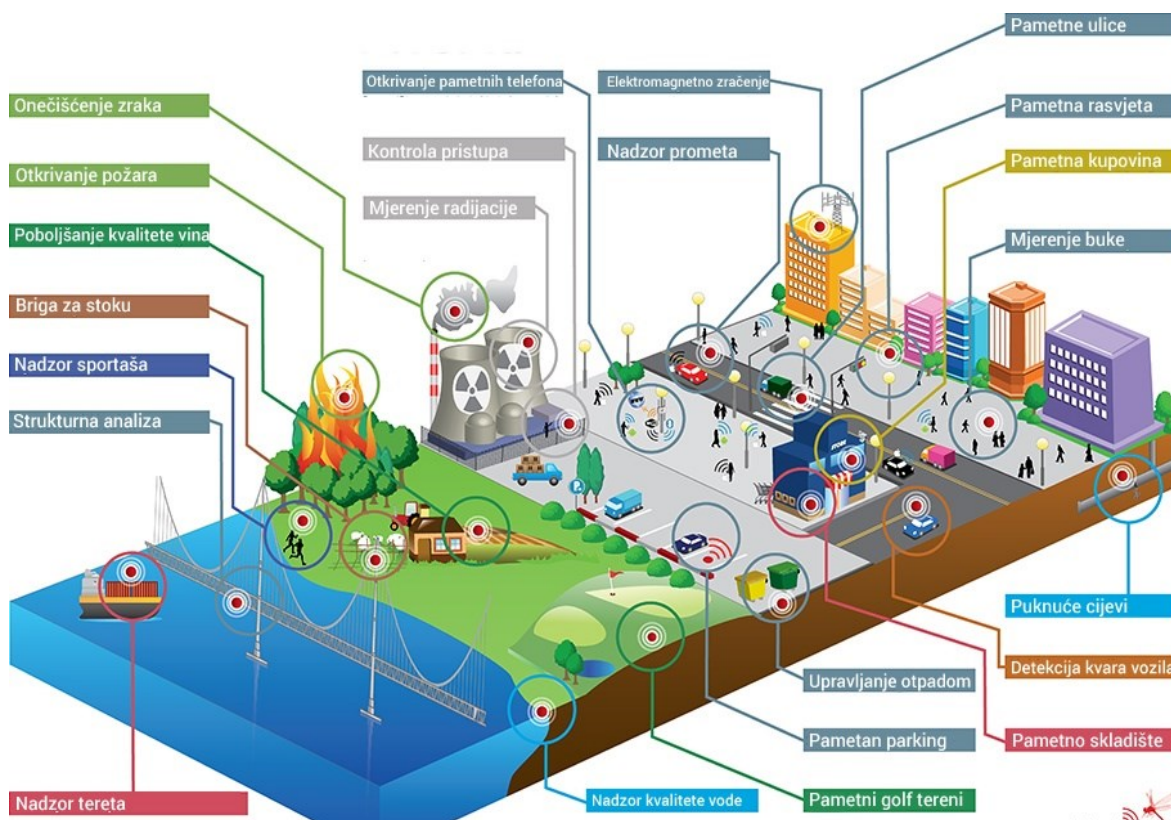
⁸⁷ Jukić, O., Špeh, I., i Heđi, I. (2018). *Cloud-based services for the Internet of Things*. Opatija: MIPRO 2018: 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics [Online]. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8400071> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁸⁸ Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons, str. 282.

⁸⁹ Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

⁹⁰ Gubbi, J. et al. (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* [Online], 29 (7), str. 1645–1660. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Slika 5. Pametno okruženje



Izvor: http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/ [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

3.6.1. Pametni gradovi

Pametani grad, prikazan na slici 6, kompleksan je sustav koji koristi ICT tehnologije kako bi učinio grad atraktivnijim i održivijim. Uz, to potiče inovativnost i poduzetništvo.⁹¹

Pametno osvjjetljenje, tj. prilagodba javne rasvjete vremenskim prilikama donosi značajne energetske uštede. Korištenjem IoT tehnologije na prometnicama za nadzor prometa vozila i pješaka može se lakše optimirati ruta u slučaju gužvi ili prometnih nezgoda. Uz nadzor prometa koristi se i nadzor slobodnih parkirnih mjesta.⁹²

⁹¹ Mehmood, Y. et al. (2017) Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine* [Online], 55 (9), str. 16–24. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8030479/> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁹² Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

Slika 6. Koncept pametnog grada



Izvor: <https://slavonski.hr/novogradiska-iskustva-sto-je-pametan-grad-i-kako-ga-pozicionirati/>
[Pristupljeno: 28. svibnja 2019.]

Mjerenje razine buke na prometnicama i u zonama aktivnog noćnog života, nadzor zagađenosti zraka kroz praćenje razina CO₂ i ostalih štetnih plinova iz tvornica i automobila, nadzor kvalitete vode kroz uporabu senzora na kritičnim točkama u vodoopskrbi te nadzor popunjenosti kontejnera smećem direktno utječu na povećanje kvalitete života u gradu.⁹³

Korištenjem Interneta stvari mogu se spriječiti mnoge nezgode, ali i ubrzati pružanje pomoći u slučaju nezgode. Nadzor stanja zgrada, mostova i ostalih građevina može osigurati strukturnu stabilnost okoline, a mjerenje vibracija u tlu može pomoći u otkrivanju opasnosti od odrona tla, snježnih lavina ili potresa.⁹⁴

Padova Smart City projekt koristi nadzor zraka te upravljanje javnom rasvjetom. Španjolski Santander, pravi je primjer pametnog grada. U tom projektu sudjeluje nekoliko desetaka velikih institucija poput Ericssona i nekoliko sveučilišta. Grad je opremljen s 20 tisuća pametnih

⁹³ Gubbi, J. et al. (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* [Online], 29 (7), str. 1645–1660. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁹⁴ Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

uređaja koji nadziru prometne gužve, nezgode, stanje javnog prijevoza, vremenske uvjete, te kvalitetu zraka i vode.⁹⁵

Grad Chicago u suradnji s IBM-om postavio je preko 300 tisuća IoT uređaja kako bi uz primjenu Cisco analitičkih alata smanjili stopu kriminala. Policija Chicaga koristi alate za predviđanje koji spajaju povijesne podatke o uhićenjima i prijašnjim djelima s pravovremenim podacima s IoT uređaja. Korištenjem senzora zvuka i buke mogu otkriti pucnjeve iz vatrenog oružja i time brže reagirati.⁹⁶

3.6.2. Industrija

Proizvodnja je vodeći sektor u implementaciji Interneta stvari, vođen potrebom za pravovremenim informacijama kako bi se povećala produktivnost. Industrijski Internet i pametna proizvodnja povezuju senzore i usluge poslovne analitike u oblaku, čime se omogućava lakše donošenje odluka. Primjena IoT tehnologije u nadzoru strojeva, omogućuje pravovremeni servis i time izbjegavanje većih troškova.⁹⁷

3.6.3. Zdravstvo

Primjena IoT tehnologije u medicini ima velik potencijal. Nadzor pacijenata na udaljenim lokacijama nudi najviše prostora za poslovne inovacije. Dugoročno prikupljanje podataka može pomoći u ranom dijagnosticiranju bolesti, prevenciji bolesti ili oporavku. U bolnicama se već koriste bolnički informacijski sustavi koji pružaju dodatnu priliku za integraciju IoT rješenja poput upozorenja u slučaju pada za starije ljude ili invalide, te nadzora vitalnih znakova za pacijente ili sportaše. Uporabom RFID oznaka kojima bi pratili pacijente, mogu se izbjeći pogreške u izboru ili doziranju lijekova.⁹⁸

⁹⁵ Mehmood, Y. et al. (2017) Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine* [Online], 55 (9), str. 16–24. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8030479/> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁹⁶ Clark, J. (2017) *Facing the threat: Big Data and crime prevention* [Online]. IBM Internet of Things blog. Dostupno na: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/big-data-crime-prevention/> [Pristupljeno: 18. lipnja 2019].

⁹⁷ Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

⁹⁸ Singhal, D.T.K. (2017) IOT Enabled Smart Hostel: A Futuristic Perspective. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* [Online], 5 (9), str. 1451–1466. Dostupno na: <https://www.researchgate.net/publication/320466024> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Za vrijeme nedavne nuklearne katastrofe u Japanu, Geiger brojači diljem Japana bili su spojeni na Internet te je time bio omogućen sustavan pregled razina radijacije diljem Japana.⁹⁹

3.6.4. Logistika

Kašnjenje uzrokovano gužvama donosi velike troškove poslovanju, pogotovo modernim, *just-in-time* operacijama. Sustavi za potpomognutu vožnju cestovnih vozila ili vlakova mogu pomoći u bržoj navigaciji i izbjegavanju nezgoda. Praćenje rute rezultira kraćim vremenom transporta, a manje gužve mogu smanjiti zagađenost zraka ili zagađenje bukom u gradovima.¹⁰⁰

Senzori u vozilu spojeni u sustav proizvođača mogu pružiti više informacija o stanju motora i drugih sustava, te pomoći u prevenciji kvara ili popravku vozila. Nadzor kvalitete pošiljki u tranzitu, odnosno otvaranja kontejnera ili nadzor temperature može pomoći u osiguranju pošiljki.¹⁰¹

3.6.5. Obrazovni sektor

Studenti, učenici, profesori i administrativno osoblje imat će velike koristi od primjene Interneta stvari. Promijenit će načine učenja, ali i podučavanja. Internet stvari učenicima omogućuje učenje prema vlastitom tempu, a profesorima nadzor i praćenje njihovog rada online. Primjeri primjene tehnologije su bežično praćenje knjiga i edukacijskih materijala u knjižnicama, te pametne i interaktivne ploče u učionicama.¹⁰²

⁹⁹ Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁰⁰ Gubbi, J. et al. (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* [Online], 29 (7), str. 1645–1660. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁰¹ Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁰² Sanders, J. i Burt, S. (2016) *IoT in Education: Landscape Review*. Clarity Innovations [Online]. Dostupno na: <https://www.clarity-innovations.com/publications/iot-education-landscape-review> [Pristupljeno: 10. kolovoza 2018.]

3.6.6. Energetski sektor

Velika prilika je stvaranje pametne mreže obnovljivih izvora energije koji bi slanjem podataka podigli optimiranost energetskog sustava na višu razinu. Nadzor energetske potrošnje moguće je ostvariti unutar građevinskih objekata, na razini pojedinih katova ili prostorija. Analizom uzorka potrošnje i faktora koji utječu na potrošnju moguće je ostvariti veće tržišno uravnoteženje potrošača i proizvodnih sustava.¹⁰³

3.7. Izazovi u primjeni Interneta stvari

Primjena tehnologije Interneta stvari donosi i mnoge izazove u primjeni. Pametni uređaji ne bi trebali biti percipirani kao tradicionalna računala kojima je potrebna veća konfiguracija od strane korisnika, nego bi trebali doći s određenim postavkama i mogućnošću automatske konfiguracije.¹⁰⁴

Gubitak funkcije pristupa Internetu, efektivno bi onemogućilo funkcioniranje pametnih objekata. Ovisnost o Internetu stvari mogla bi biti veća i od ovisnosti o samom Internetu, što zahtjeva vrlo visoku razinu robusnosti objekata i pozadinskih usluga, te korištenje više pristupnih točaka.¹⁰⁵

3.7.1. Privatnost

Možda i najveći izazov je sveprisutnost i određena nevidljivost pametnih uređaja. Proces prikupljanja podataka odvija se pozadinski i može stvoriti dojam praćenja i prisluškivanja bez znanja i odobrenja korisnika.¹⁰⁶

¹⁰³ Pan, J. et al. (2015) An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments. *IEEE Internet of Things Journal* [Online], 2 (6), str. 527–537. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7061425> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁰⁴ Mattern, F. i Floerkemeier, C. (2010) From the Internet of Computers to the Internet of Things. U: Sachs, K., Petrov, I. i Guerrero, P. *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*. Berlin: Springer, str. 250.

¹⁰⁵ Figliola, P.M. i Fischer, E.A. (2013) Overview and Issues for Implementation of the Federal Cloud Computing Initiative: Implications for Federal Information Technology Reform Management. *Journal of Current Issues in Media & Telecommunications* [Online], 5(1), str. 1-27. [Online]. Dostupno na: http://www2.caict.ac.cn/zscp/qqzkgz/qqzkgz_zdzsq/201509/P020150906528343962212.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁰⁶ Mattern, F. i Floerkemeier, C., Op. cit., str. 256.

Tri četvrtine ljudi smatra sigurnost uređaja važnijom od cijene ili mogućnosti koje uređaji nude, a čak 90 posto ljudi ne vjeruje da su njihovi podaci sigurni u rukama proizvođača uređaja i pružatelja online usluga. Studija iz 2016. godine, pokazala je da 6 od 10 IoT uređaja nije obavijestilo korisnike koje podatke prikuplja i na koji način. Zakon Europske Unije, General Data Protection Regulation (GDPR), uveden je kako bi se nosio s rizicima koje donosi sve veći broj pametnih uređaja. Potrebna je intervencija najvećih institucija kao što su UN ili OECD kako bi se podiglo povjerenje u IoT usluge.¹⁰⁷

3.7.2. Standardizacija

IoT uređaji su prilagođeni posebnim parametrima fizičkog svijeta, ovisno o zahtjevima za mrežnom propusnošću ili energetskej potrošnji. Heterogenost IoT uređaja dovodi i do problema s uporabom različitih komunikacijskih protokola. Postojeća tehnologija još nije dosegla visoku razinu zrelosti, a nedostaju i standardizirane *plug-and-play* mogućnosti jednostavnog proširivanja mreža. Zbog toga mnoge tvrtke, organizacije i inicijative diljem svijeta promiču standardizaciju IoT koncepta.¹⁰⁸

Prilikom implementacije Interneta stvari treba obratiti puno veću pažnju na standardizaciju uređaja i protokola među njima. Kao primjer uspješne standardizacije i povezivanja digitalnog tržišta, navodi se tržište aplikacija za pametne telefone. Na sličan način predlaže se povezivanje IoT sustava, odnosno kroz definiranje otvorenih i standardiziranih API-ja. Bez obzira na velik broj uređaja spojenih na mrežu, predlaže se uporaba postojećeg mrežnog standarda IPv6.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Economist Intelligence unit (2018). *What the Internet of Things means for consumer privacy*. A report from The Economist Intelligence Unit [Online]. Dostupno na: https://eiu.perspectives.economist.com/sites/default/files/EIU_ForgeRock.final_briefing.paper_03.21.18.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

¹⁰⁸ Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁰⁹ Ibid.

4. ANALIZA TRŽIŠTA DALJINSKOG OČITANJA POTROŠNJE ENERGENATA

Rast svjetske populacije, automatizacija fizički zahtjevnih poslova te poboljšanje životnog standarda, dovode do svakodnevnog rasta potražnje za energentima. Najviše rastu zahtjevi za električnom energijom, a rezultat je eksponencijalan rast elektroenergetskog sustava jer se rastom sustava povećavaju tehnički gubici u mreži.¹¹⁰

Svijet se okreće od velikih elektrana i tradicionalnih masovnih izvora energenata k malim, najčešće obnovljivim izvorima energenata. Niskonaponske mreže pod najvećim su utjecajem takvih izvora, što distributerima otežava planiranje potrošnje energenata. Ograničeni izvori energije i visoki troškovi obnovljivih izvora energije, potiču na povećanje energetske učinkovitosti, a prepoznavanje uzoraka potrošnje i pravovremene informacije o potrošnji nužne su za bolje upravljanje potrošnjom koje vodi do ušteda.¹¹¹

4.1. Analiza lokalnog tržišta

U Hrvatskoj su dominantni izvori energije termoelektrane, hidroelektrane te nuklearna elektrana. Iako je liberalizacija energetskog tržišta izvršena 2008. godine, Hrvatska elektroprivreda (HEP) dominira sektorom distribucije električne energije kroz proizvodnju, prijenos i prodaju električne energije. HEP upravlja svim termoelektranama i hidroelektranama u zemlji, a cijela distribucijska mreža HEP-a pokriva oko 99 posto maloprodajnog tržišta, odnosno 2,3 milijuna potrošača.¹¹²

Deregulacijom tržišta električne energije, primjena sustava za daljinsko očitavanje električne energije dobila je na značaju. U Hrvatskoj kontinuirano raste broj pametnih brojila, a Hrvatska

¹¹⁰ Flajšek, K. et al. (2008) *Električna brojila i AMR sustav u distribuciji elektroprivrede hrvatske zajednice Herceg Bosne - Mostar*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://ho-cired.hr/referati/SO6-15.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹¹¹ Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 425. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹¹² Čačković, V. (2015) Proždrljivi M2M: Napredna energetska mreža za potrebe komunikacijskih modula. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrjljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

energetska regulatorna agencija (HERA) dala je rok za opremanje minimalno 95 posto mjernih mjesta u Republici Hrvatskoj brojilima s mogućnošću daljinskog očitavanja do 2030. godine.¹¹³

Trenutni broj instaliranih pametnih brojila u mreži HEP-a je oko 70.000 te su pretežno ugrađeni velikim industrijskim i gospodarskim potrošačima električne energije. Trenutno se daljinski očitava oko 5.000 brojila korištenjem PLC (engl. Power-line communication) tehnologije, 25.000 korištenjem GSM komunikacije, te još 41.000 GPRS komunikacijom. Dakle, samo 3,1 posto postavljenih brojila se daljinski očitava.¹¹⁴

Na području Zagreba, u sustavu očitavanja vodomjera ukupno se nalazi oko 170 tisuća vodomjera, od čega je četvrtina u sustavu daljinskog očitavanja. Očitavanje potrošnje vrši se prosječno tri puta godišnje, pa je potrebno i dalje provoditi procjene kod izračuna naplate. Netočan sustav očitavanja, temeljen na procjenama, podložan je prigovorima od strane potrošača.¹¹⁵

Očitavanje plina u gradu Zagrebu vrši Gradska plinara Zagreb koja nudi građanima mogućnost daljinskog očitavanja plina. Ručno očitavanje izvodi se četiri puta godišnje. Oko 270.000 korisnika koristi uslugu distribucije plina, ali broj korisnika u sustavu daljinskog očitavanja iznosi tek 33.000. Međutim, od predviđenih 80 posto do 2020. godine, samo 12 posto korisnika ima uslugu daljinskog očitavanja.¹¹⁶

4.2. Analiza stranih tržišta

S ciljem unaprjeđenja sustava očitavanja potrošnje energenata, u svijetu je vidljiva sve veća potreba za ugradnjom brojila s daljinskim očitavanjem, najviše u industrijskim granama. Uvođenje tehnologije naprednog mjerenja (AMI) u Europi, aktivan je cilj Europske Unije, a do

¹¹³ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹¹⁴ Ibid.

¹¹⁵ Cmur, D., Puškarić, M. i Delač, Ž. (2012) Što to mudri rade s pametnim mrežama?. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s-pametnim-mrezama-75,960.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹¹⁶ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 6. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

2020. godine planira se opremiti barem 80 posto mjernih mjesta tom tehnologije. Time se predviđa smanjenje zagađenja okoliša od 9 posto. Ostali ciljevi do kraja 2020. su smanjenje potrošnje energije za 20 posto, smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20 posto i povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora na 20 posto.¹¹⁷

Slika 7. AMI implementacija na tržištu EU

Definirana implementacija	Izgledna ili uskoro definirana implementacija	Bez planirane implementacije
Švedska (2009)	Cipar	Belgija
Italija (2011)	Grčka	Bugarska
Finska (2013)	Malta	Hrvatska
Estonija (2017)	Poljska	Češka
Luksemburg (2018)	Rumunjska	Njemačka
Norveška (2018)		Mađarska
Španjolska (2018)		Latvija
Irska (2019)		Litva
Austrija (2019)		Portugal
Danska (2020)		Slovačka
Francuska (2020)		Slovenija
Nizozemska (2020)		Švicarska
Ujedinjena Kraljevina (2020)		

Izvor: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrjljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

Slika 7 prikazuje stanje uvođenja napredne mjerne infrastrukture 2015. godine na području Europske Unije. Na području Europske Unije, broj ugrađenih pametnih brojila narastao je čak 3 puta, od 10 milijuna u 2011. godini do 30 milijuna u 2017. godini. Potpuna ugradnja pametnih brojila provedena je u Italiji i Švedskoj još 2011. godine, a u tijeku su masovne instalacije u Finskoj, Španjolskoj i Estoniji. U Engleskoj, IBM je razvio sustav pod nazivom U.K. Smart Energy Cloud koji treba podržati masovnu ugradnju 50 milijuna pametnih brojila.¹¹⁸

¹¹⁷ Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 98. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹¹⁸ Čačković, V. (2015) Proždrjljivi M2M: Napredna energetska mreža za potrebe komunikacijskih modula.

4.3. Daljinsko očitavanje brojila

Tradicionalno se mjerna oprema postavlja unutar prostora potrošača. Može biti analogna ili digitalna, a stanje se prikazuje putem rotirajućeg sata ili digitalnog zaslona. Stručno osposobljene osobe dolaze u redovitim vremenskim intervalima i vrše očitavanja. Postoji i mogućnost dojava trenutnog stanja brojila putem telefonskog poziva ili e-maila. Ovaj proces može se djelomično ili u potpunosti automatizirati.¹¹⁹

Automatsko očitavanje brojila ili AMR (engl. Automatic Meter Reading) je tehnologija za daljinsko prikupljanje podataka o potrošnji s mjernih uređaja koje prenosi u centralni sustav kako bi se ispostavio račun potrošaču. Očitavanje brojila moguće je izvesti prema unaprijed definiranim pravilima ili na zahtjev. Koncept AMR sustava za daljinsko očitavanje stanja brojila energenata prikazan je na slici 8.¹²⁰

Sustav za daljinsko očitavanje, prikazan na slici 8, povezan je sa sustavom za prikupljanje podataka te sustavom za naplatu i slanje računa. Prvo se podaci očitavaju putem brojila (1), (2) ili (3), a nakon toga se preko koncentratora (4) i komunikacijskog uređaja (5) putem žične ili bežične veze šalju sustavu za prikupljanje podataka (6). Prikupljeni podaci se pomoću šifre za očitavanje mjernih podataka, mogu pripisati ispravnom pretplatniku. Nakon obrade, podaci se šalju sustavu za naplatu koji izdaje račun. U konačnici, podaci moraju biti dodatno verificirani od osobe koja je stručno osposobljena za provjeru.¹²¹

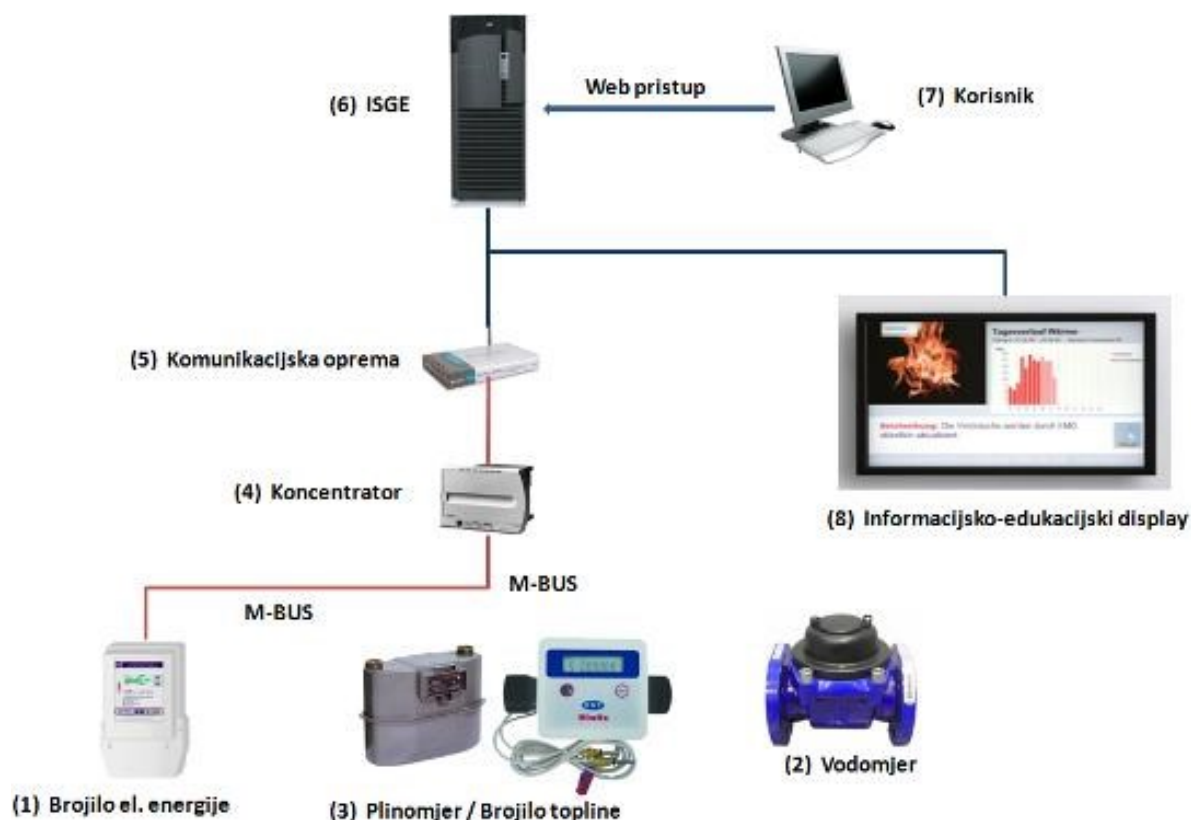
InfoTrend [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrjljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

¹¹⁹ Tuly, K.F. (2016). *A Survey on Novel Services in Smart Home (Optimized for Smart Electricity Grid)*. Master's thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology [Online]. Dostupno na: https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/groups/psy/completedmasters/2016/tuly/msc_thesis_tuly.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹²⁰ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹²¹ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 2. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Slika 8. AMR sustav



Izvor: <http://www.enu.fzoeu.hr/isge/daljinsko-ocitanje-i-ee-panel> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

Slika 9 prikazuje razvoj AMR tehnologije, koja je uvedena krajem 20. stoljeća. Primarna funkcija takvog sustava je udaljeno očitavanje stanja brojila, a koje se najčešće izvršava jednom mjesečno. Omogućena su očitavanja ponekad nedostupnih brojila što predstavlja napredak nad tradicionalnim ručnim očitavanjem. Prednosti ove tehnologije ograničene su na niže troškove očitavanja i obračun potrošnje temeljen na stvarnoj, a ne procijenjenoj potrošnji.¹²²

¹²² Tuly, K.F. (2016). *A Survey on Novel Services in Smart Home (Optimized for Smart Electricity Grid)*. Master's thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology [Online]. Dostupno na: https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/groups/psy/completedmasters/2016/tuly/msc_thesis_tuly.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

Slika 9. Razvoj sustava daljinskog očitavanja

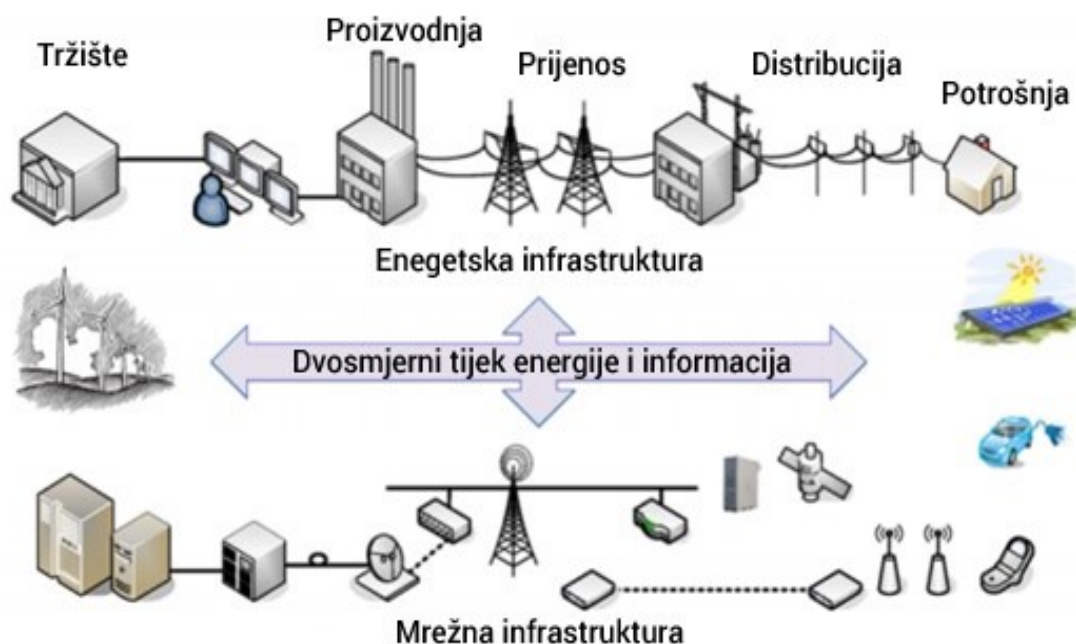


Izvor: Cmuk, D., Puškarić, M. i Delač, Ž. (2012) Što to mudri rade s pametnim mrežama?. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s--pametnim-mrezama-,75,960.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Nadalje, na slici 10 prikazana je napredna mjerna infrastruktura (engl. Advanced Metering Infrastructure – AMI) koja je omogućila dvosmjernu komunikaciju između potrošača i distributera. Omogućene su veće frekvencije očitavanja, prikupljene su veće količine podataka, a ponuđene su i detaljnije informacije o potrošnji te povratne informacije o cijenama u različitim tarifama. Tako je potrošač mogao analizirati svoju potrošnju i lakše uočiti gubitak energenata što je ponudilo veći napredak u odnosu na tradicionalno ručno očitavanje. Donedavno je jedini način za otkrivanje većih gubitaka energije bilo pretraživanje i analiza ručno očitanih podataka bez garancije o točnosti takvih podataka. Za distributere, naglasak je na mogućnosti dvosmjerne komunikacije s kupcima zbog upravljanja opterećenjem mreže.¹²³

¹²³ Ibid.

Slika 10. Dvosmjerna komunikacija AMI sustava



Izvor: (Tuly, K.F. (2016). *A Survey on Novel Services in Smart Home (Optimized for Smart Electricity Grid)*. Master's thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology [Online].

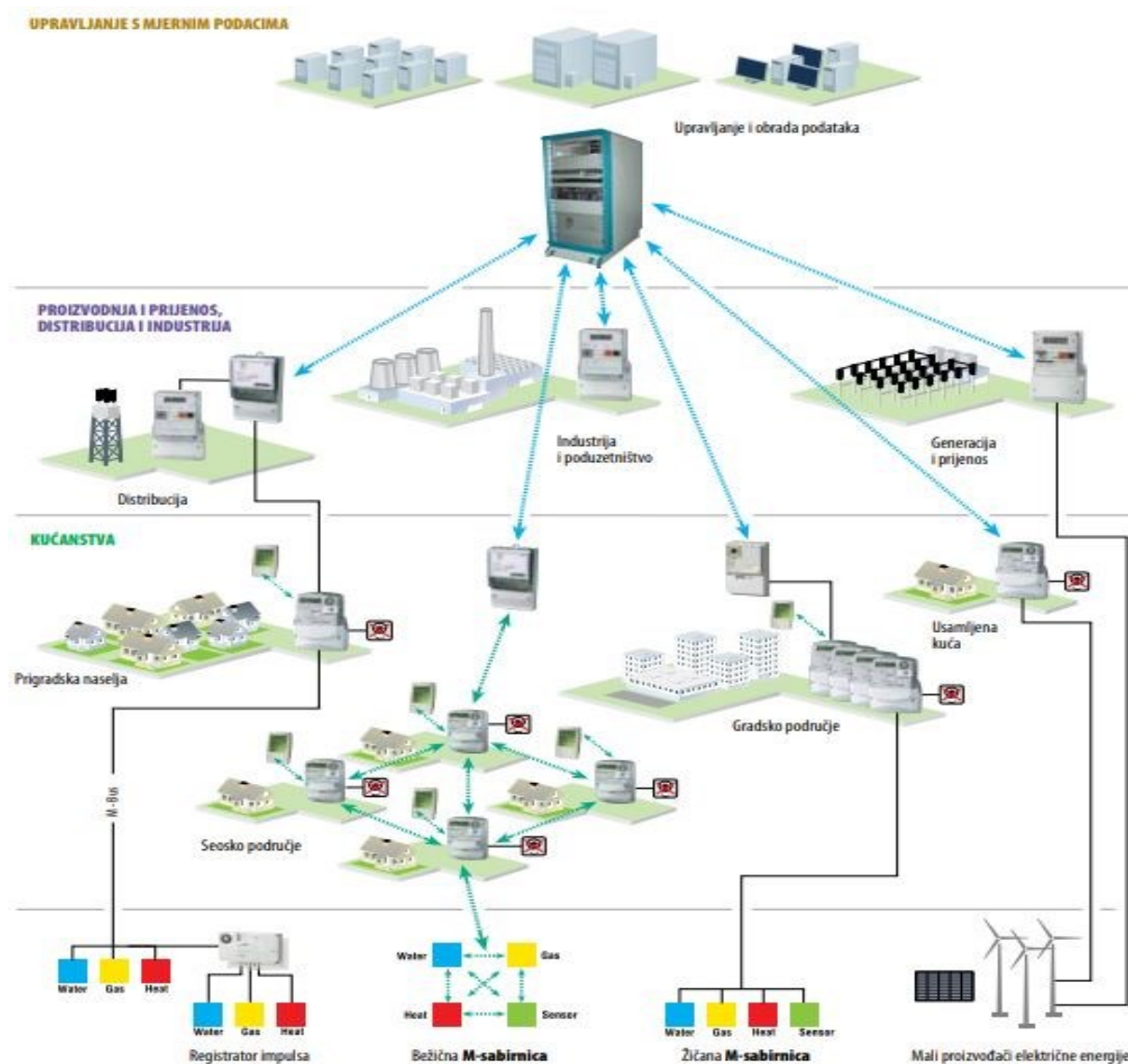
Dostupno na:

https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/groups/psy/completedmasters/2016/tuly/msc_thesis_tuly.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

Koncept sustava za daljinsko očitavanje plina ili vode jednak je kao i kod očitavanja potrošnje električne energije. Takav višenamjenski AMI sustav, detaljnije je prikazan je na slici 11. Podaci o potrošnji iz mjerila, šalju se do višefunkcijskog brojila. Koncentrator podataka vrši automatsko očitavanje i daljinsko programiranje takvih brojila preko niskonaponske mreže. Očitani podaci se pohranjuju u trajnoj memoriji koncentratora, a na zahtjev se preko ugrađenog GSM/GPRS modema ili M-sabirnice (M-Bus) prenesu u sustav za prikupljanje podataka o potrošnji. Podatke je moguće očitati komunikatorom bez koncentratora, ali samo na razini pojedinog brojila.¹²⁴

¹²⁴ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

Slika 11. Koncept AMI sustava



Izvor: <https://www.scribd.com/document/378101201/ISKRAEMECO-katalog-2009-hrv-pdf#>
[Pristupljeno: 28. Svibnja 2019.]

4.3.1. Daljinsko očitavanje potrošnje električne energije

Elektromehanička (indukcijska) brojila su uređaji koji pri razmjeni energije, mjere i bilježe električnu energiju koja se kroz njih prenosi. Imaju dug životni vijek, visoku mjernu stabilnost i veliku pouzdanost brojila bez održavanja i ponovnog baždarenja. Osnovna mogućnost daljinskog očitavanja takvih brojila je uz uporabu ručnih terminala gdje stručno osposobljena osoba mjernom sondom dodirne sučelje brojila kako bi podaci bili očitani. Druga mogućnost je pomoću čitača ugrađenih u prijevozno sredstvo, a stručno osposobljena osoba mora proći

vozilom pokraj brojila da bi podaci bili očitani te ih se onda u sustav može poslati bežičnom ili žičnom vezom.¹²⁵

Međutim, ako je očitavanje u potpunosti automatizirano, u brojila se ugrađuje RS485 sučelje ili GSM modem. Takvom sistemu potreban je koncentrator podataka, koji prikuplja podatke iz odgovarajuće opremljenih brojila, a u pravilu se ugrađuje u transformatorske stanice. Nakon toga, podaci se korištenjem ugrađenog komunikacijskog modula, putem GSM ili GPRS mreže prenose do centralnog sustava distributera. Koncentrator može pokrivati udaljenosti do 500 metara za urbane gradske mreže, uz mogućnost umrežavanja do 100 brojila. Komponente sustava prikazane su na slici 12.¹²⁶

Uz prikupljanje i pohranjivanje podataka, ovakav sustav omogućava generiranje izvještaja za svako mjerno mjesto, od kojih su najznačajniji dnevni dijagram opterećenja te dnevna bilanca potrošnje.¹²⁷

Slika 12. Komponente sustava za očitavanje električne energije



Izvor: <https://www.huawei.com/minisite/iot/en/smart-ami.html> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹²⁵ Ibid.

¹²⁶ Ibid.

¹²⁷ Flajšek, K. et al. (2008) *Električna brojila i AMR sustav u distribuciji elektroprivrede hrvatske zajednice Herceg Bosne - Mostar*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://ho-cired.hr/referati/SO6-15.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

HEP posjeduje tehnologiju koja omogućuje daljinsko očitavanje potrošnje kao i kontrolu kvalitete električne energije. Za očitavanje, pohranjivanje i transfer podataka do centralnog sustava unutar HEP – a, koriste se digitalna brojila, komunikacijski moduli i koncentratori. Očitavanje se izvodi jednom mjesečno. Podaci koji se očitavaju ovise o mogućnostima brojila, odnosno o potrošnji i proizvodnji električne energije. Specifični zahtjevi su da sustav mora biti dimenzioniran za čitanje 30.000 krivulja opterećenja po koncentratoru, mora prihvatiti 30 GB mjernih podataka po mjesecu te pohraniti i osigurati te podatke 2 godine.¹²⁸

4.3.2. Daljinsko očitavanje potrošnje plina

Mjerač potrošnje nalazi se u zasebnom modulu smještenom kod brojila. Pretvara rotaciju zubaca plinomjera u električne impulse koje zatim pohranjuje u memoriju. Očitavanja se mogu obaviti s ručnim mjernim računalom, prikazanim na slici 13, ili pomoću čitača u vozilu. Očitavanje potrošnje plina kod velikih potrošača vrši se svakih 15 dana pa je potreban veći broj djelatnika, a prilikom očitavanja moguće su greške uzrokovane ljudskim faktorom. Vrijednosti očitavanja pohranjuju se u bazu podataka za potrebe obračuna i naplate potrošnje.¹²⁹

Slika 13. Princip daljinskog očitavanja s ručnim mjeračem

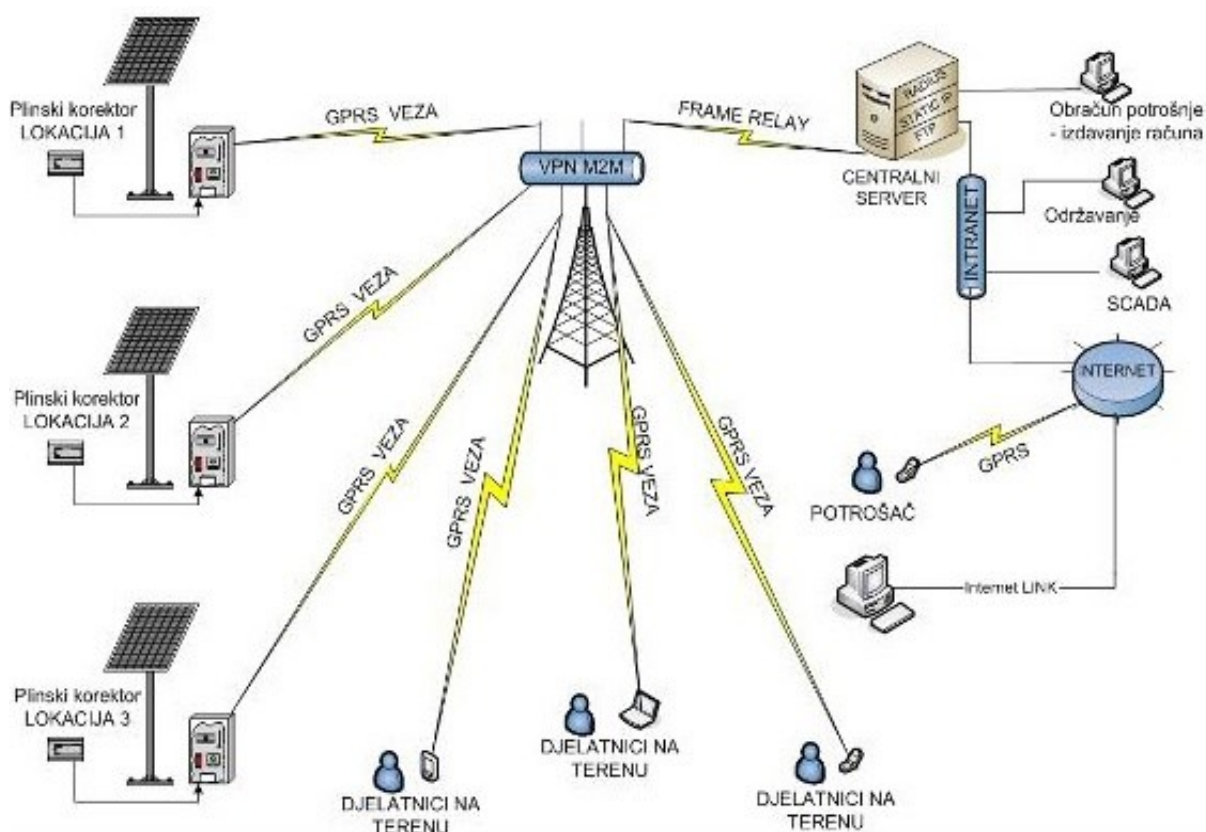


Izvor: Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online]. Dostupno na:
http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf
 [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹²⁸ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹²⁹ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 3. Dostupno na:
http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Slika 14. Sustav za očitavanje potrošnje plina putem GPRS komunikacije



Izvor: <http://www.ptmg.hr/proizvodi/daljinsko-ocitanje-potrosnje-plina/> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

U slučaju korištenja GSM ili GPRS modula kao u slučaju sustava prikazanog na slici 14, svaki potrošač pomoću korisničkog imena i lozinke može pristupiti Web sučelju uređaja za daljinsko očitavanje, što mu omogućava stalan uvid u stanje njegovog brojila i prikaz potrošnje plina.¹³⁰

Osim GSM tehnologije, na našem tržištu dostupna je i M – bus tehnologija. Komunikacija se odvija bežično prema wireless M - bus protokolu uz domet očitavanja do 800 metara. Vijek trajanja baterije kod ovog uređaja je oko 15 godina, a radno područje mu je na temperaturama od -20 do +80 stupnjeva Celzijusa. Uređaj može slati alarme u slučaju manipulacije ili zbog prazne baterije.¹³¹

¹³⁰ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹³¹ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 4. Dostupno na: [http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko oitanje potronje plina ureaji i principi rada .pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf) [Pristupljeno:

4.3.3. *Daljinsko očitavanje potrošnje vode*

Vodomjer s integriranim radio modulom pohranjuje podatke o mjerenjima potrošnje uz oznake stanara i serijskog broja vodomjera. U zadanim vremenskim intervalima, podatke odašilje putem bežičnog radio modula do koncentratora. Ovisno o konfiguraciji prostora gdje je smješten koncentrator, podatke je moguće očitati s udaljenosti od 50 do 150 metara. Očitavanje najčešće vrši operater putem ručnog čitača, dolaskom pred stambenu zgradu. Ova metoda uz jednostavan način korištenja, nudi i niske troškove.¹³²

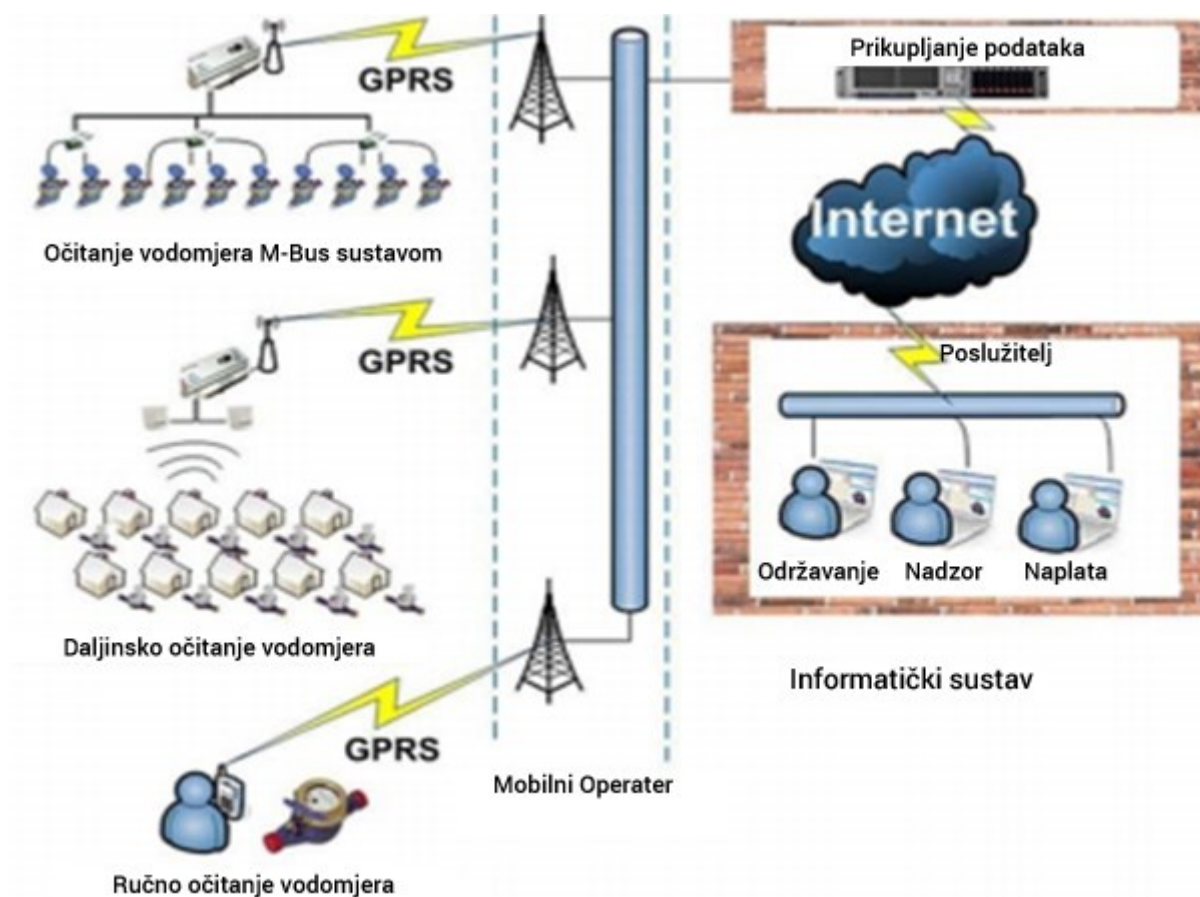
Moguće je koristiti i bežični koncentrator opremljen GSM modemom, prikazan na slici 15, koji se postavlja u stambeni objekt i automatski prikuplja podatke. U određenim vremenskim intervalima prikupljeni podaci se šalju putem GSM modema na udaljeni poslužitelj distributera. Ovaj automatizirani način prikupljanja podataka zbog visoke početne cijene ulaganja, optimalan je za projekte iznad 10.000 mjerila.¹³³

25. lipnja 2018.]

¹³² Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹³³ Ibid.

Slika 15. Daljinsko očitavanje potrošnje vode



Izvor: Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

4.4. Prednosti i ekonomske koristi modela daljinskog očitavanja potrošnje

Izgradnjom sustava za daljinsko očitavanje mjernih podataka primarno se unaprjeđuje osnovna djelatnost komercijalnog mjerenja potrošnje energenata, odnosno povećava se kvaliteta nadzora i upravljanja energetske sustavom. Distributerima električne energije, plina ili vode takav sustav omogućuje veću efikasnost i veću kvalitetu usluga koje pružaju svojim korisnicima.¹³⁴

¹³⁴ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 3-5. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

4.4.1. Prednosti uvođenja daljinskog očitavanja potrošnje energenata

Uvođenjem sustava za daljinsko osiguravaju se češća očitavanja bez ometanja kupca i povećava se točnost očitavanja zbog smanjenja pogreški uzrokovanih ljudskim faktorom. Temeljenjem obračuna na stvarnoj potrošnji, izbjegavaju se procjene što rezultira znatno preciznijim računom potrošača i dovodi do manjeg broja prigovora na obračun.¹³⁵

Uporabom pametnih brojila moguće je dobiti upozorenje o kvarovima na mjernim uređajima, otkriti krađu energenta u sustavu te prekinuti distribuciju potrošačima koji ne ispunjavaju svoje obveze ili im je istekao ugovor. Ranija detekcija kvarova na korisničkoj strani te pravovremena obavijest kod povećane potrošnje predstavljaju kvalitetniju, sveobuhvatnu uslugu od strane distributera.¹³⁶

Stari način očitavanja zahtijeva veći broj radnika. Mjerno mjesto je najčešće smješteno unutar posjeda gdje pristup nije uvijek moguć, što dovodi do ponovnog dolaska radnika koji vrši očitavanje. Nadgledanje udaljenih ili teško dostupnih mjesta te udaljeno podešavanje parametara brojila ili komunikatora bez potrebe odlaska radnika na teren eliminira nepotrebne troškove. Manji broj djelatnika na terenu i u službi naplate umanjuje troškove poslovanja i naplate. Bolji uvid u opterećenje distribucijske mreže može smanjiti gubitke u mreži, a precizniji povijesni podaci vode do boljeg predviđanja potrošnje i poboljšanih uvjeta nabave energenta.¹³⁷

4.4.2. Prednosti specifičnih sustava očitavanja potrošnje energenata

Prednosti za očitavanje električne energije jesu integracija većeg broja funkcija u jednom uređaju kao što su uklopni sat, mjerenje jalove energije te udaljena kontrola releja. Konkretno, uspostavom sustava u HEP-u, omogućeno je pouzdanije daljinsko očitavanje mjernih mjesta, unificirani su postupci očitavanja te je povećana sigurnost prikupljenih podataka.¹³⁸

¹³⁵ Ibid.

¹³⁶ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹³⁷ Ibid.

¹³⁸ Ibid.

Prednost sustava za daljinsko očitavanje potrošnje vode je plaćanje prema stvarnoj potrošnji, a ne prema broju članova ili veličini stana. Time se eliminira problem broja prijavljenih članova domaćinstva, a curenje slavine ili vodokotlića ne plaćaju solidarno svi sustanari. Rano otkrivanje puknuća cijevi smanjuje ogromne troškove curenja vode.¹³⁹

Kontinuirano praćenje potrošnje plina omogućava distributeru uravnoteženje potrošnje plina na različitim distribucijskim područjima. Detaljniji nadzor rada distribucijskog sustava, omogućava detekciju curenja plina i alarmiranje u slučaju incidenta, čime se povećava sigurnost korištenja usluge.¹⁴⁰

4.5. Nedostaci tradicionalnih metoda

Pametna brojila razlikuju se po kapacitetu memorije, načinu pohranjivanja i obrade podataka te mjernim veličinama koje se snimaju. Postojeći moduli za očitavanje često nisu kompatibilni s različitim mjernim brojilima, čime se onemogućuje njihova ugradnja. Kod različitih tipova brojila mjerni podaci se i različito zapisuju. Uporaba različite mjerne opreme predstavlja velike probleme kod uvođenja sustava daljinskog očitavanja brojila i kod uspostavljanja jedinstvene baze podataka. Ovaj problem može se umanjiti primjenom standardizacije mjernih protokola i sustava za udaljeno očitavanje brojila.¹⁴¹

GSM komunikacija je najčešći oblik prijenosa podataka od brojila do centralnog sustava. Ne iziskuje značajne investicije, a nisu potrebne ni posebne dozvole nadležnih institucija. Komunikacija se vrši samo u jednom smjeru, protokol nije namijenjen za prijenos većih količina podataka, a neraspoloživost GSM mreža je najčešći uzrok neuspješnosti očitavanja. Zbog toga, GSM nije tehnologija na kojoj bi se mogao temeljiti sustav daljinskog očitavanja brojila.¹⁴²

¹³⁹ Ibid.

¹⁴⁰ Ibid.

¹⁴¹ Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online], str. 5. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁴² Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 97. Dostupno na:

PLC tehnologija je u primjeni duži niz godina pri očitavanju električnih brojila, ali uz velik problem s pouzdanošću. Razlog je velika osjetljivosti na kvalitetu energetske mreže, odnosno onečišćenje elektroenergetske mreže harmonicima.¹⁴³

Daljinskim pristupom brojila povećavaju se sigurnosni rizici, a veći broj sigurnosnih normi i propisa zahtjeva stručnije djelatnike. S druge strane, problem je i potencijalni rizik za gubitak privatnosti i korištenje informacija o korisniku.¹⁴⁴

4.5.1. Ekonomska (ne)opravdanost uvođenja daljinskog očitavanja

Komunikacijske i mrežne tehnologije trebaju biti troškovno isplative i ponuditi mogućnost prijenosa podataka na velike udaljenosti, uz velike brzine i visoku razinu sigurnosti. Postojeći AMI sustavi zahtijevaju složenu ugradnju skupe mjerne opreme uz manju pouzdanost brojila i veću osjetljivost na mrežne smetnje. Održavanje i popravak skuplji su nego kod tradicionalnih brojila. Plaćaju se i visoki troškovi GSM usluge mobilnih operatera ili davatelja usluga pristupa Internetu.¹⁴⁵

Primjerice, cijena uporabe LPWAN tehnologije komparativna je cijeni daljinskog očitavanja korištenjem mjernog čitača u vozilu, ali je infrastruktura potrebna za AMI višestruko skuplja. Konkretno, gdje LPWAN tehnologija može prikupiti podatke s brojila u radijusu do 20 kilometara, AMI sustavu bilo bi potrebno barem 10 koncentratora signala i 10 repetitora.¹⁴⁶

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁴³ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁴⁴ Ibid.

¹⁴⁵ Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 99. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁴⁶ Schmidbauer, H. (2016) *Can The Internet Of Things Lower AMI Solution Cost* [Online]. Water Online. Dostupno na: <https://www.wateronline.com/doc/can-the-internet-of-things-lower-ami-solution-cost-0001> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].

5. KONCEPTUALNI MODEL NADZORA POTROŠNJE ENERGENATA TEMELJEN NA INTERNETU STVARI

Iako su elektromehanička brojila najzastupljenija u kućanstvima i gospodarskim objektima, mnogi autori kao budućnost navode elektronska, digitalna brojila koja nemaju mehaničke dijelove, i mogu bilježiti i pohranjivati podatke.¹⁴⁷

Na temelju uočenih nedostataka trenutnih modela očitavanja potrošnje, identificirani su sljedeći zahtjevi kao nužna evolucija dosadašnjeg modela očitavanja stanja brojila:

- univerzalan sustav za više vrsta energenata,
- mogućnost spajanja više mjerila u sustav jednog potrošača,
- onemogućavanje manipulacije očitavanja,
- sustav mora biti pouzdan,
- adekvatna mrežna pokrivenost signalom,
- uporaba dostupnih tehnologija na području RH,
- sustav alarmiranja u suradnji sa sustavom 112,
- uporaba postojećih digitalnih električnih brojila uz minimalnu prilagodbu,
- univerzalno web-mjesto, primjerice nadzor.energent.hr,
- cijeli sustav mora biti pod nadzorom regulatornih agencija,
- dvosmjerna komunikacija između sustava u oblaku i mjerila, primjerice upravljanje protočnim ventilom i glavnom sklopkom dovoda električne energije.

Prilikom dizajna projekata zasnovanih na IoT tehnologiji treba voditi računa o skalabilnosti cijelog procesa, od nekoliko uređaja pa do više tisuća. Kod uporabe fizičkih objekata sa senzorima, osim definiranih mrežnih i resursnih zahtjeva, treba paziti na cijenu, veličinu i energetske efikasnosti. Pristup sustavu treba biti moguć u bilo koje vrijeme s bilo koje lokacije, a redovitim servisom i održavanjem treba smanjiti broj skupih i rizičnih prekida u radu sustava.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 90. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁴⁸ Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na:

5.1. Komponente modela

U realnom svijetu najčešća su brojila električne energije, s mjernom jedinicom kilovat sat (kWh) te brojila fluida, primjerice, vode ili plina, s mjernom jedinicom kubnog metra (m³). Međutim, za objašnjenje principa rada koncepta, pretpostavljeno je univerzalno mjerilo. Dakle, mjerilo je instrument koji vrši mjerenje, neovisno o mjerenoj veličini i mjernoj jedinici.

Energetski priključak nalazi se na rubu distributivne mreže, a povezuje distributivnu mrežu i lokalnu mrežu potrošača. Energetski priključak mora biti dostupan distributeru kako bi mogao u slučaju problema, nesreće ili neplaćanja obustaviti dostavu energenta.

Mikroračunalo sadrži procesorsku jedinicu i druge računalne komponente potrebne za samostalan rad. Kompaktne je izvedbe, niske energetske potrošnje i više nego dovoljne procesorske moći za izvedbu ovog koncepta.

Revolucionarna inovacija koncepta je potpuno „prebacivanje“ tradicionalnog, najčešće analognog, zapisa potrošnje s brojila u oblak. Jedino virtualizirani brojač potrošnje u oblaku može potrošačima i distributerima pružiti pravovremeni nadzor potrošnje za svako brojilo i mjerno mjesto.

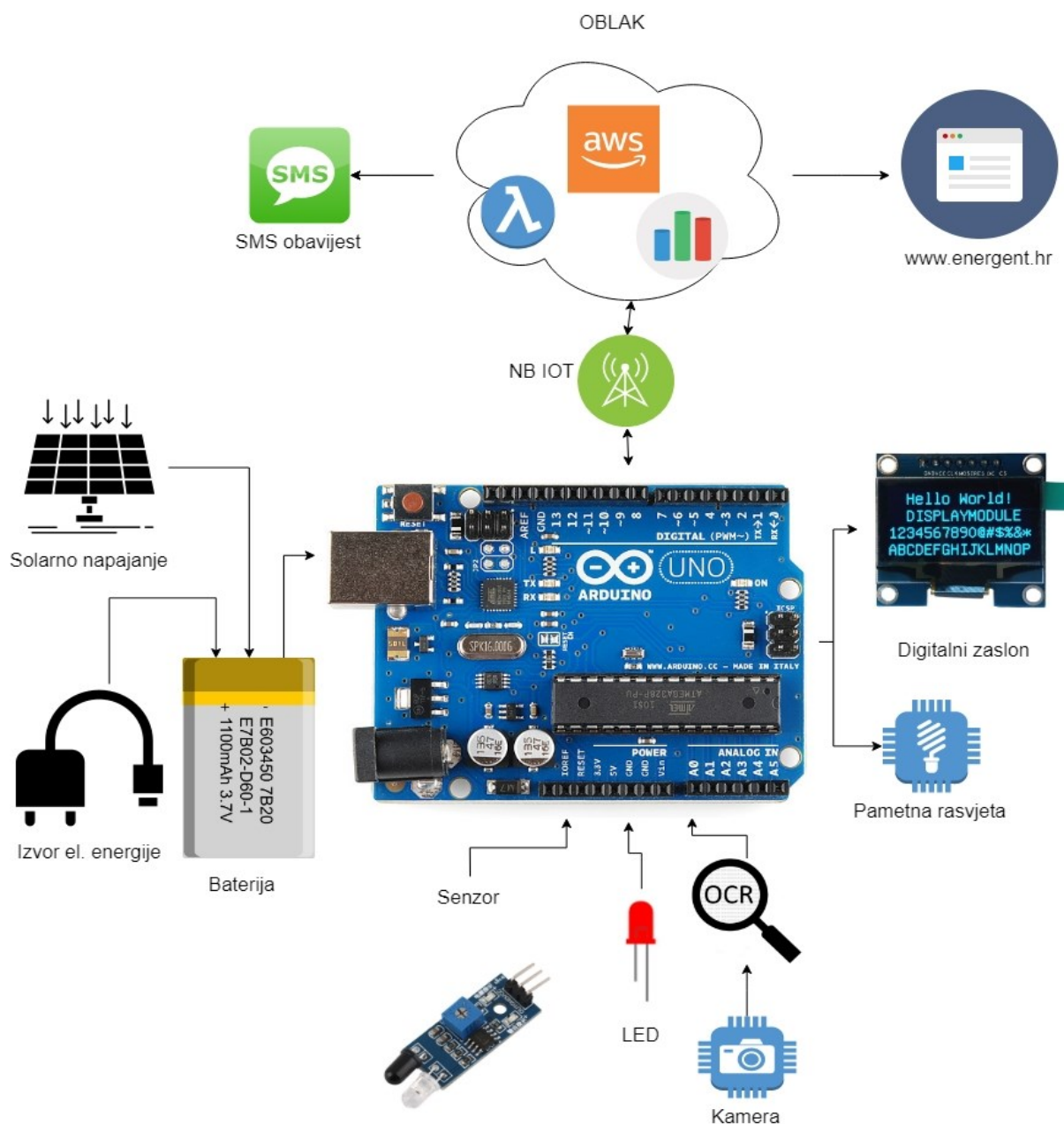
Relacijska baza podataka ima velike mogućnosti manipulacije podacima, kao i velike mogućnosti pretraživanja podataka. Predviđena je pohrana velikih količina cjelobrojnih vrijednosti u nekoliko baza podataka, odnosno tablica.

Sustav za alarmiranje, sastoji se od inteligencije u oblaku, koja prema određenim pravilima detektira anomalije u potrošnji, obavještava korisnika putem SMS-a ili elektronske pošte te prosljeđuje obavijest sustavu 112. Sustav DUZS, u suradnji s distributerima energenata, može obustaviti dostavu energenta u slučaju otkrivanja nesreće.

Važna inovacija je i jedinstven sustav praćenja svih energenata na jednom mjestu, kojemu bi korisnik pristupio putem Web sučelja, primjerice na adresi www.energent.hr. Postavljaju se zahtjevi stroge regulacije i nadzor od strane državnih regulatornih agencija za cijeli koncept.

Arhitektura predloženog modela, sa svim navedenim komponentama, prikazana je na slici 16. Razne izvore podataka i senzore moguće je gotovo po *plug-and-play* principu povezati s analognim ulazima mikroračunala. Koristeći izlazne priključke moguće je kontrolirati digitalni zaslon, pametnu rasvjetu i slično. Nb-IoT komunikacijski modul povezuje mikroračunalo s uslugama računarstva u oblaku. Cijeli koncept napaja baterija koje se puni tradicionalnim punjačem ili izvorom solarne energije. Krajnje mogućnosti ovakve modularne arhitekture ovise jedino o kreativnosti dizajnera.

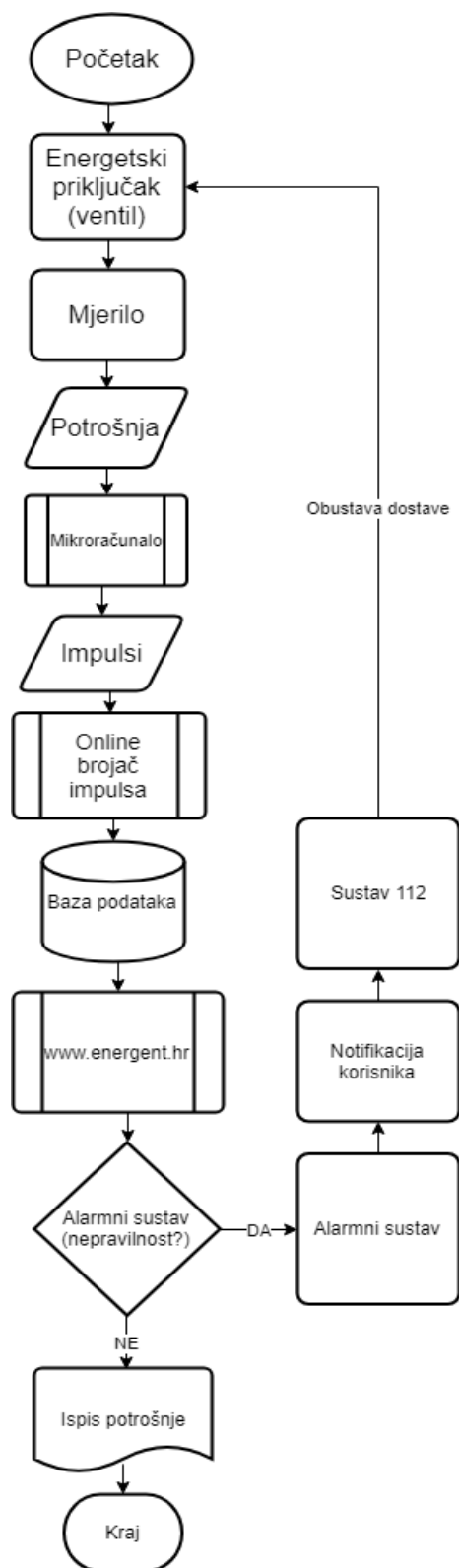
Slika 16. Arhitekturni dijagram koncepta



Izvor: izradio autor

5.2. Princip rada koncepta

Slika 17. Dijagram tijeka koncepta IoT očitavanja potrošnje energenata



Izvor: izradio autor

Princip rada ovog koncepta, detaljno je prikazan na slici 17. Prije svega, kako bi se omogućila funkcija udaljenog isključivanja dostave energenata, potrebna je mogućnost regulacije energetskog priključka koji spaja potrošače na distributivnu mrežu. Na mjestu spoja s gradskom elektroenergetskom mrežom, predviđena je ugradnja sklopke, a na mjestima koja povezuju distribuciju fluida, ugradnja elektromagnetnog ventila.

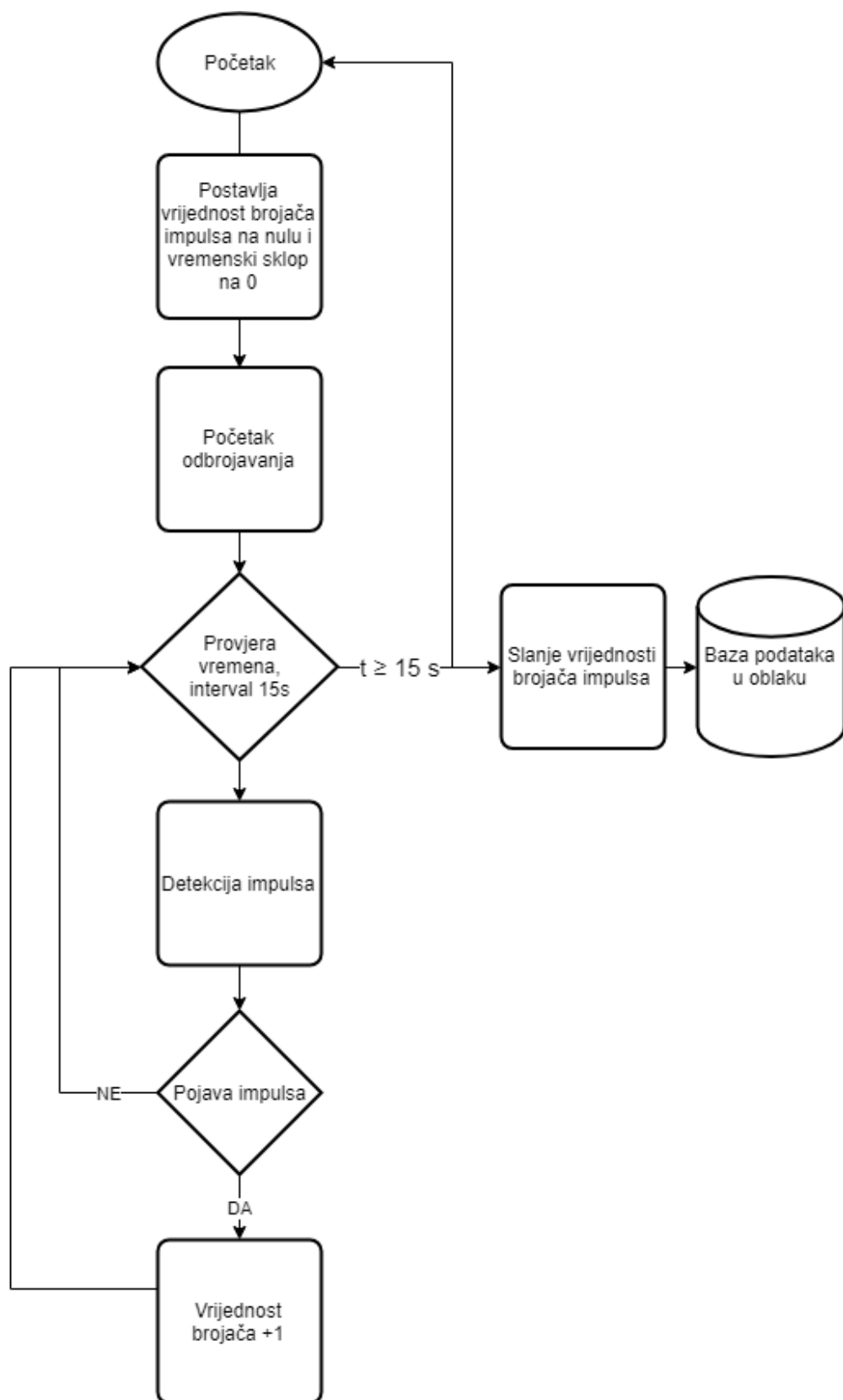
Nakon priključne točke, nalazi se mjerni uređaj. Većina digitalnih mjerila ima ugrađenu funkciju generiranja impulsa ovisno o potrošnji energije u vidu pružanja neke od usluga daljinskog očitavanja kako je pojašnjeno u 4. poglavlju. Za ovakav koncept, predviđena je minimalna prerada postojećih brojila.

Mjerilo generira informaciju o potrošnji energije u obliku impulsnih signala koje mikroračunalo digitalizira i zbraja, kao što je prikazano na slici 18. U definiranom vremenskom intervalu (u ovom primjeru je to 15 sekundi), zbroj impulsa šalje se u brojač impulsa u oblaku. Potom brojač impulsa u oblaku, u obliku trivijalne web aplikacije, pribraja tu vrijednost prethodnoj. Ideja je da „IOT brojilo“ zapravo manipulira stanjem brojanika u oblaku na principu $A=A+B$, pri čemu je A vrijednost brojanika uvećana za B iznos očitavanja u vremenskom intervalu. Nakon toga se nova cjelobrojna vrijednost A zapisuje u glavnu bazu podataka..

Alarmni sustav koristi inteligenciju u oblaku kako bi se otkrila odstupanja od prosječnog uzorka uporabe. Primjerice, moguće je koristiti elementaran algoritam detekcije puknuća vodovodne cijevi: ako voda cijelo vrijeme protječe kroz ventil i mjerilo, visoka je vjerojatnost puknuća cijevi. Odnosno, ako ne postoji određeni period gdje je potrošnja vode jednaka nuli, sustav upozorava na moguće puknuće vodovodne cijevi. Ovakav sustav u oblaku, predstavlja odličnu osnovu za primjenu strojnog učenja i umjetne inteligencije.

Sljedeća funkcija alarmnog sustava je slanje upozorenja sustavu 112 kako bi se pomoglo u ranom otkrivanju nezgode te spriječila veća nesreća. S druge strane, dvosmjerna komunikacija sustava u oblaku i mikroračunala te kontrola nad energetskim priključkom omogućuje u slučaju otkrivanja nesreće, primjerice požara, sustavu 112 u suradnji s distributerom udaljeno isključivanje dovoda električne energije i plina, ali i osiguravanje dovoda vode.

Slika 18. Dijagram tijeka algoritma mikroračunala



Izvor: izradio autor

5.3. Dodatne mogućnosti

Uporaba mikroračunala s višestrukim ulazima i izlazima, te mogućnošću dvosmjernе komunikacije s oblakom otvara mogućnost pristupa većem broju mjerila i senzora, ali i različitim pametnim uređajima na razini doma.

5.3.1. Pametan dom

Pametno brojilo može postati čvorište za spajanje dodatnih uređaja u okviru pametne kuće. Moguće je spojiti razne senzore kako bi se očitala stanja unutar doma ili pomoću pametnih uređaja izvršiti određene radnje.¹⁴⁹

Moguće je ovakav koncept odvesti korak dalje te razviti interaktivan sustav koji pruža pravovremene informacije o uporabi energije na razini kućanskih aparata i pojedinih uređaja. Primjene su u vidu automatskog uključivanja uredske rasvjete ili grijanja, te uređaja za prikaz potrošnje kupcima. Korisnik bi koristeći sustav dom.energent.hr mogao upravljati određenim parametrima lokalne mreže, odnosno definirati pravila automatizacije.

5.3.2. Nadzor parametara distributivne mreže

Uporaba mikroračunala omogućava spajanje dodatnih senzora i bilježenje gotovo svih vrsta analognih vrijednosti u više različitih digitalnih zapisa. Napredna brojila već imaju dodatne funkcionalnosti poput senzora za nadzor rada mjernog uređaja i evidenciju događaja poput nestanka napona i ostalih parametara kvalitete distributivne mreže.¹⁵⁰

Ručno očitavanje plina nikako ne može pravovremeno uočiti moguće curenje plina s potencijalno opasnim posljedicama. Potrebno je implementirati IoT sustav za nadzor potrošnje plina duž cijele infrastrukture kako bi se uočile neispravnosti u radu sustava i time spriječile veće nezgode. Tako bi se mogla otkriti lokacija curenja plina u najkraćem roku.

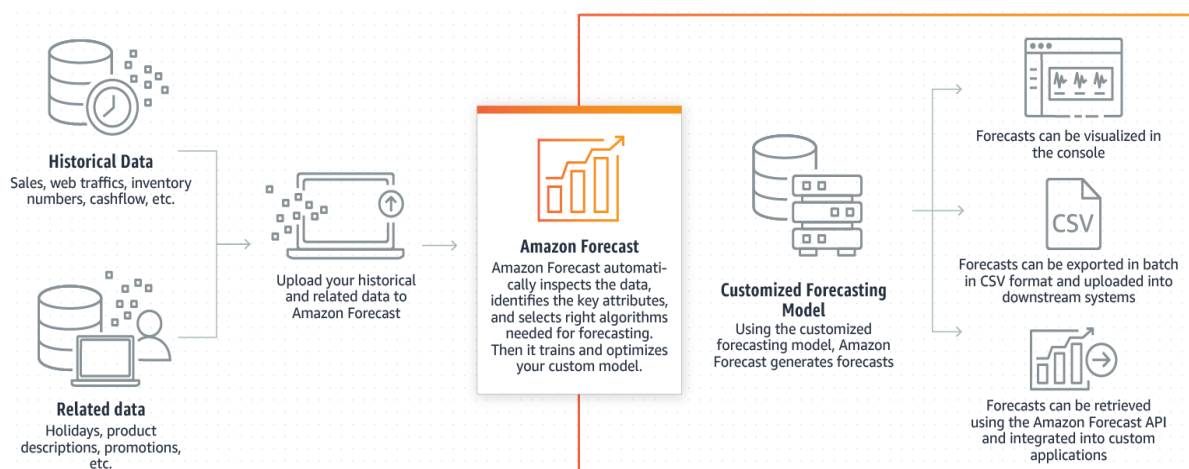
¹⁴⁹ Tuly, K.F. (2016). *A Survey on Novel Services in Smart Home (Optimized for Smart Electricity Grid)*. Master's thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology [Online]. Dostupno na: https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/groups/psy/completedmasters/2016/tuly/msc_thesis_tuly.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹⁵⁰ Čačković, V. (2015) Proždrhljivi M2M: Napredna energetska mreža za potrebe komunikacijskih modula. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrhljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

5.3.3. Predviđanje potrošnje

Prednost prikupljanja podataka u oblaku za analitičke procese jest da omogućava predviđanje potrošnje, što distributeru može olakšati planiranje nabave i skladištenje energenata. Uporabom poslovne inteligencije u oblaku moguće je uočiti vremenski trend i predviđati potrošnju. Slika 19 prikazuje jedan od primjera takvih alata, Amazon Forecast. To je unaprijed postavljena usluga zasnovana na strojnom učenju s osam unaprijed definiranih algoritama koje je Amazon razvio za vlastite potrebe, a sada ih nudi korisnicima usluga u oblaku.¹⁵¹

Slika 19. Amazon Forecast



Izvor: <https://techcrunch.com/2018/11/28/aws-launches-amazon-forecast-to-make-time-series-predictions-easier/> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

5.4. Tehnološki aspekt uvođenja IoT brojila

Za uvođenje koncepta u svakodnevnu primjenu potrebno je zadovoljiti uvjete dvosmjerne komunikacije između IoT brojila i sustava u oblaku. Udaljena komunikacija i izvršavanje mjerenja ne smiju utjecati na kvalitetu i isporuku energije, a sustav treba biti energetske neovisan i odvojen od distribucijske mreže. Instalacija treba biti čim jednostavnija, a sustav mora pružiti mogućnost spajanja mjerila više vrsta energenata ili različitih senzora u sustav.

¹⁵¹ Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 427. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

5.4.1. Mikroračunalo

Uporabom mikroračunala rješava se većina ranije opisanih zahtjeva, a za primjer mikroračunala predložena je platforma Arduino. To je Open Source platforma često korištena u razvoju elektroničkih projekata. Sadrži sve hardverske i softverske elemente, odnosno mikrokontroler sa svim potrebnim elementima za funkcioniranje, te razvojno okruženje nužno za programiranje. Za ovu platformu postoji ogroman broj već gotovih modula koji donose specifične funkcije, poput raznih senzora, mrežnih sučelja, napajanja i slično.

Zahtjevi za neovisnim napajanjem su lako rješivi korištenjem baterije i punjača, ali uz potencijalno visok trošak. Međutim, prosječna potrošnja Arduino Uno mikroračunala je nekoliko puta manje od razine potrošnje pametnih telefona, tako da je moguće upotrijebiti baterije koje se koriste u pametnim telefonima. U slučaju nepostojanja električne mreže ili u ruralnim područjima predlaže se uporaba solarnog panela vrlo male snage i niske cijene. Arhitekturni dijagram prikazan na slici 16 prikazuje uzima u obzir navedene mogućnosti.

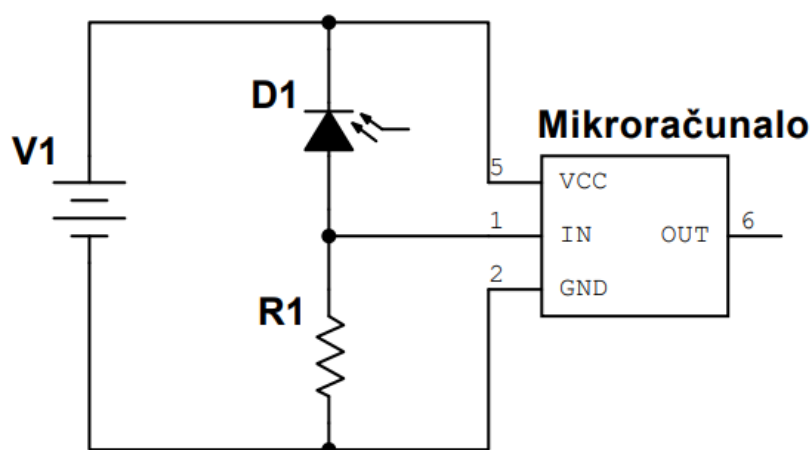
5.4.2. Brojanje impulsa

Očitavanje potrošnje, brojanjem impulsa i korištenjem mikroračunala prilično je jednostavno. Jedini zahtjev je da mjerilo nakon određenog intervala potrošnje odašilje električni signal. Na tom principu funkcioniraju sva digitalna brojila koja već podržavaju neku vrstu daljinskog očitavanja. Čak i starija brojila, kakva su najčešća na našem tržištu, imaju određene mogućnosti za jednostavnu „nadogradnju“.

Primjerice, brojila potrošnje električne energije bez mogućnosti daljinskog očitavanja, imaju LED „žaruljicu“ koja signalizira potrošnju u određenom intervalu potrošnje, primjerice svakih 0,1 kWh utrošene električne energije. Jednostavni dodatni modul za takvo brojilo bi obuhvaćao foto diodu. Foto dioda je pasivni poluvodički element koji osvjetljenjem postiže propusnu polarizaciju i time provodi struju, odnosno ponaša se kao uključena sklopka.

Takav sklop prikazan je na slici 20. U trenutku kada LED dioda brojila emitira svjetlo, ona će osvjetliti foto diodu (D1) i zatvoriti strujni krug te će poteći struja iz izvora električne energije (V1). Na otporniku (R1) pojaviti će se napon, a analogni ulaz mikroračunala registrirat će tu pojavu napona, odnosno signala. Time se ostvaruje funkcija detekcije impulsa.

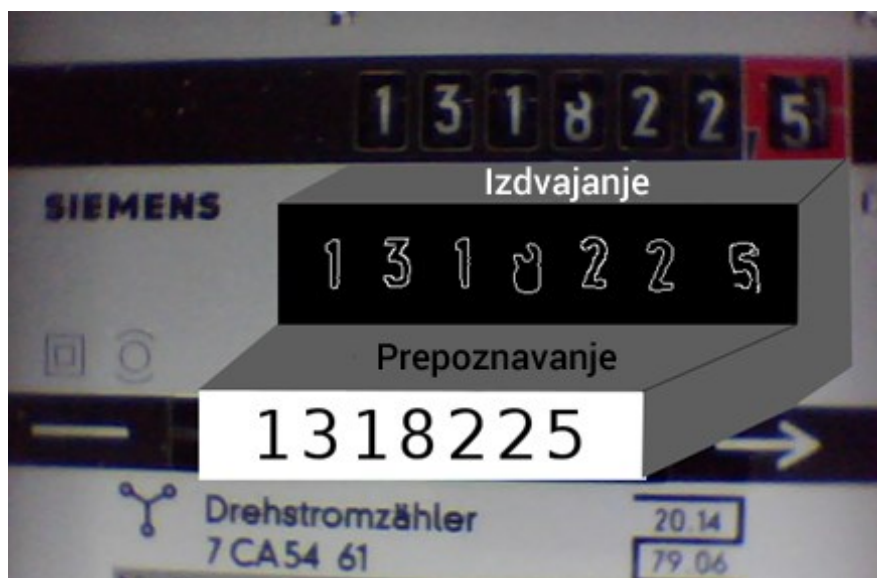
Slika 20. Modul za očitavanje LED impulsa



Izvor: izradio autor

Drugo, mnogo zahtjevnije rješenje je očitavanje zaslona brojila, bilo analognog ili digitalnog, korištenjem kamere. Nakon toga, slika se analizira korištenjem optičkog prepoznavanja znakova (engl. Optical Character Recognition, OCR). Prvo se uporabom računalnog softvera izoliraju znakovi sa slike, a onda se obrisne (vektorske) karakteristike pojedinih znakova uspoređuju sa slovним znakovnicima i simbolima sadržanima u elektroničkom fontu, kao što je prikazano na slici 21.¹⁵²

Slika 21. Očitavanjem stanja korištenjem OCR tehnologije



Izvor: <https://www.mkompf.com/cplus/emeocv.html> [Pristupljeno: 22. svibnja 2018.]

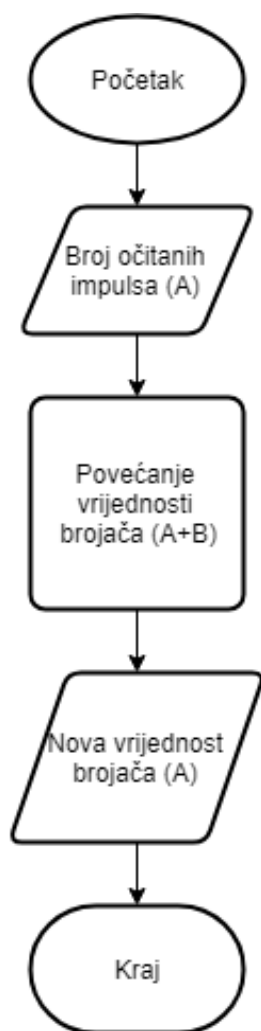
¹⁵² *Optical character recognition* [Online]. Wikipedia. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_character_recognition#Techniques [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].

Tehnologija zahtjeva dodatan modul - kameru te veću procesnu moć za procesiranje slikovnog zapisa. Provođenje OCR procesa može se izvesti na mikroračunalu, ali uz skuplji hardver i veću energetska potrošnju ili slanjem slike u oblak, gdje će ju OCR softver u oblaku obraditi uz veće troškove usluga oblaku i prijenosa podataka.

5.4.3. Brojač potrošnje u oblaku

Brojač potrošnje u oblaku zamišljen je kao revolucionarna, ali i trivijalna web aplikacija. Postojećem stanju brojača pribraja se vrijednost očitana pomoću mikroračunala u određenom vremenskom intervalu. Dijagram tijeka ovog algoritma prikazan je na slici 22.

Slika 22. Dijagram tijeka brojača potrošnje u oblaku



Izvor: izradio autor

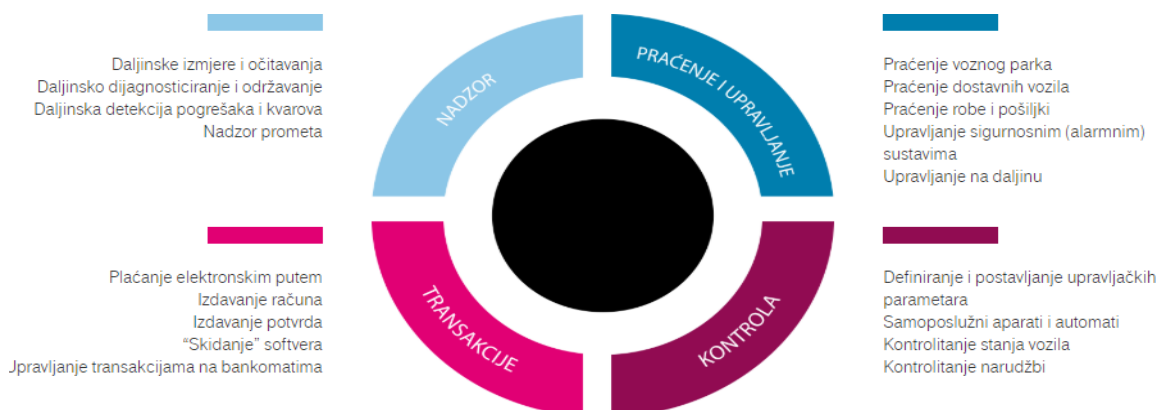
5.4.4. NB-IoT mrežni protokol

Danas, najveću zastupljenost u IoT uslugama imaju GSM i GPRS tehnologije jer je umjesto značajnih kapitalnih investicija, uporaba mrežne infrastrukture svedena na plaćanje telekomunikacijskih usluga. Javno prihvaćene tehnologije kao što su Wi-Fi i Bluetooth imaju veliku energetska potrošnju i ograničenu mrežnu pokrivenost, i najčešće nisu dostupne distributerima.

Od predviđenih 21 milijardu pametnih uređaja do 2020. god., samo 15 posto koristit će GSM komunikacijske protokole, pretežno zbog visoke cijene i ograničenog trajanja baterije. Uporaba pojedine usluge ovisit će o geografskoj pokrivenosti te usluge.¹⁵³

Na tržištu RH istaknula se Narrowband Internet of Things (NB-IoT) tehnologija koju nudi Hrvatski Telekom. Mogućnosti ove tehnologije prikazane su na slici 23. To je protokol dizajniran za prijenos malih količina podataka u regularnim vremenskim protokolima. Za razliku od LoRaWAN i Sigfox tehnologija, NB-IoT koristi postojeću mrežnu infrastrukturu i već licencirane frekvencije, čime se osigurava stabilnost mreže. Tehnologija obećava niže troškove i prijenos na do 10 puta veće udaljenosti od GSM-a, uz bolju prodornost signala u prostore poput podzemnih garaža.¹⁵⁴

Slika 23. NB-IoT usluga HT-a



Izvor: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovni/ict/m2m-Internet-of-things> [Pristupljeno: 28. rujna 2018.]

¹⁵³ Green, D. (2018) *Smart metering shows the way forwards for IoT adoption* [Online]. IHS Technology. Dostupno na: <https://technology.ihs.com/600939/smart-metering-shows-the-way-forwards-for-iot-adoption> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].

¹⁵⁴ Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online], str. 7,8. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

Na tržištu su prisutne i druge mrežne tehnologije i inicijative poput IoT Net Adria koja uvodi Sigfox mrežu na područje RH te tvrtka Odašiljači i veze koja je uvela LoRaWAN mrežu u nekoliko većih gradova na području RH. Osim usluge koju pruža HT, na tržištu se nedavno pojavila još jedna NB-IoT usluga, od strane telekomunikacijske kompanije A1. Procjenjuje se da je NB-IoT optimalan izbor za ovaj koncept zbog dobre mrežne pokrivenosti, a konkurencija na tržištu ove usluge može samo pridonijeti većoj kvaliteti takve usluge.

5.5. Upravljanje podacima za potrebe koncepta

Izazov je nikad veća količina podataka prikupljena iz heterogenih izvora, čime se postavljaju veliki zahtjevi za prihvaćanje i obradu podataka. Kako bi se optimirao proces pohrane i obrade podataka, potrebno je implementirati mehanizme za filtriranje prikupljenih podataka. U ovom konceptu, filtriranje se regulira odabirom intervala slanja podataka u oblak.

U praksi, filtriranje prikupljenih podataka izvodi se uporabom softverskih sustava za upravljanje pravilima i osnovnim transformacijama nad podacima poput agregiranja podataka u slučaju detekcije nekog događaja. Često je potrebna pravovremena obrada podataka, pa se postavljaju veliki zahtjevi za infrastrukturu. Za potrebe ovog koncepta, vrše se trivijalne računske operacije i nije potreba velika procesna moć.¹⁵⁵

Predlaže se uporaba relacijske baze podataka koja podržava upitni jezik SQL. Baza mora omogućiti da se veći broj korisnika istovremeno koristi istim podacima, bez da korisnici ometaju jedan drugoga. Fleksibilnost pristupa podacima je zahtjev kojemu udovoljavaju samo relacijske baze. Osim toga, relacijske baze podataka stavljaju visok prioritet na čuvanje integriteta, te nastoje automatski sačuvati korektnost i konzistenciju podataka, i to u situaciji kad postoje greške u aplikacijama ili konfliktne istovremene aktivnosti korisnika.

Za potrebe tehnologije velikih podataka (engl. Big Data), razvile su se nove vrste baza podataka gdje se podaci ne organiziraju prema relacijskom modelu. Takve NoSQL baze podataka imaju prednosti sa stajališta performansi, međutim bez oslanjanja na relacijsku shemu i visoke zahtjeve za konzistencijom podataka.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 432. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁵⁶ Vermesan, O. et al. (2016). *IoT business models framework*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project

Postavlja se i pitanje čuvanja podataka. Računi i statistički podaci najčešće imaju zakonski reguliran period čuvanja, dok se detaljni podaci o potrošnji ne moraju čuvati. U ovom konceptu ako se čuvaju samo vrijednosti na temelju kojih su izvršeni obračuni i izdani računi, ne bi trebalo biti poteškoća s pohranom takve količine podataka.

5.5.1. Potreban prostor za pohranu baze podataka

Slika 24. prikazuje cjenik HT NB-IoT usluge koja uključuje 500kb mjesečnog prometa u osnovnu cijenu. Prema tome, za kalkulaciju prostora potrebnog za smještaj baze podataka u oblak, ograničili smo mjesečni promet na 500 KB. Od podataka prenosimo kratku cjelobrojnu vrijednost od 2 bajta između mikroračunala i brojača u oblaku. Prema tome za 500 KB mjesečnog prometa, možemo poslati 250 tisuća poruka, odnosno poslati uzorak u oblak 250 tisuća puta. Dakle, na mjesečnoj bazi, možemo uzorkovati svakih 10,71 sekundi. U ovom konceptu, uzorak se šalje u oblak svakih 15 sekundi, a prikupit će se 178.560 uzoraka za 31 dan.

Slika 24. Cjenik NB-IoT tarifa HT-a

CJENIK NB IOT TARIFA			
IOT XS TARIFA			
Cijena	Količina prometa uključena u cijenu	Cijena dodatnog kB (nakon potrošnje 500 kB)	Brzina
3,00 kn/mj	500 kB	0,01 kn	64 kbps

Izvor: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovni/ict/m2m-Internet-of-things> [Pristupljeno: 28. rujna 2018.]

5.5.2. Baza podataka za brojač potrošnje energenta u oblaku

S obzirom na to da brojač, prikazan na slici 22, radi po principu $A = A + B$, za pohranu konačnog stanja u brojaču u oblaku, potrebni su jedino identifikacijski broj brojila i stanje vrijednosti A. Koriste se cjelobrojni zapisi od 4 bajta, i za vrijednost A i za identifikacijski broj brojila.

[Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D02_01_WP02_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]

Na području RH nalazi se 2,3 milijuna mjernih područja potrošnje električne energije. Uzimajući u obzir da je za jedno brojilo potrebno samo 8 bajta prostora, prostor za pohranu iznosa svih brojača iznosio bi samo 18,4 milijuna bajta, odnosno 18,4 MB. Takva mala baza podataka s virtualnim „brojčanicima“ dovoljna je za povezivanje sa sustavom automatske naplate.

5.5.3. Izračun za glavnu bazu podataka

Kada bi podatke čuvali duže vrijeme, baza bi postala prevelika i nedovoljno efikasna. Rješenje je korištenje više baza podataka. Velike baze podataka za „pravovremene“ podatke, te manje baze sa satnim ili dnevnim zapisom za starije podatke, kako bi potrošač ipak imao uvid u potrošnju tijekom dužeg vremenskog perioda, odnosno čuvali bi se podaci za koje je zakonski utvrđen rok čuvanja.

Prema tome, za detaljniji ispis „pravovremene“ potrošnje, brojač u oblaku zapisuje u drugu, glavnu relacijsku bazu podataka vrijednost A svakih 15 sekundi. Upisuje se iznos vrijednosti A, identifikacijski broj brojila te datum i vrijeme pristiglog podatka.

Datum je tipa „date“ u veličini 3 bajta, vrijeme je tipa „time“ od 3 bajta, identifikacijski broj brojila i vrijednost A su cjelobrojne varijable od 4 bajta, a jedinica mjere može biti unaprijed definirana i koristi se char vrijednost (256 mogućih vrijednosti, odnosno mjernih jedinica) koja zauzima 1 bajt. Sveukupno, predviđeno je 15 bajta po zapisu u pravovremenu bazu podataka.¹⁵⁷

Na slici 25 prikazana je usporedba veličina različitih baza podataka, ovisno o učestalosti slanja zapisa. Pojedino mjerilo, u jednom danu obavlja 5.760 očitavanja, odnosno generira i šalje oko 12 KB prometa putem NB-IoT mreže te pohrani 86,4 KB u glavnu bazu podataka. Za 2,3 milijuna brojila el. energije na području RH, ako se koristi interval od 15 sekundi, unutar jednoga dana generira se i pohranjuje gotovo 199 GB podataka u bazi podataka. Za tjedan dana, prostor potreban za smještaj baze podataka bi iznosio oko 1,4 TB, a na mjesečnoj razini 6 TB.

Korištenjem „smalldatetime“ zapisa koji zapisuje datum s preciznošću od jedne minute i veličine od 4 bajta, umjesto „date“ i „time“ vrijednosti, uštedjeli bismo 2 bajta po zapisu, a smanjili broj zapisa 4 puta. Čuvanjem minutnih vrijednosti, prostor za pohranu bi iznosio 18,72

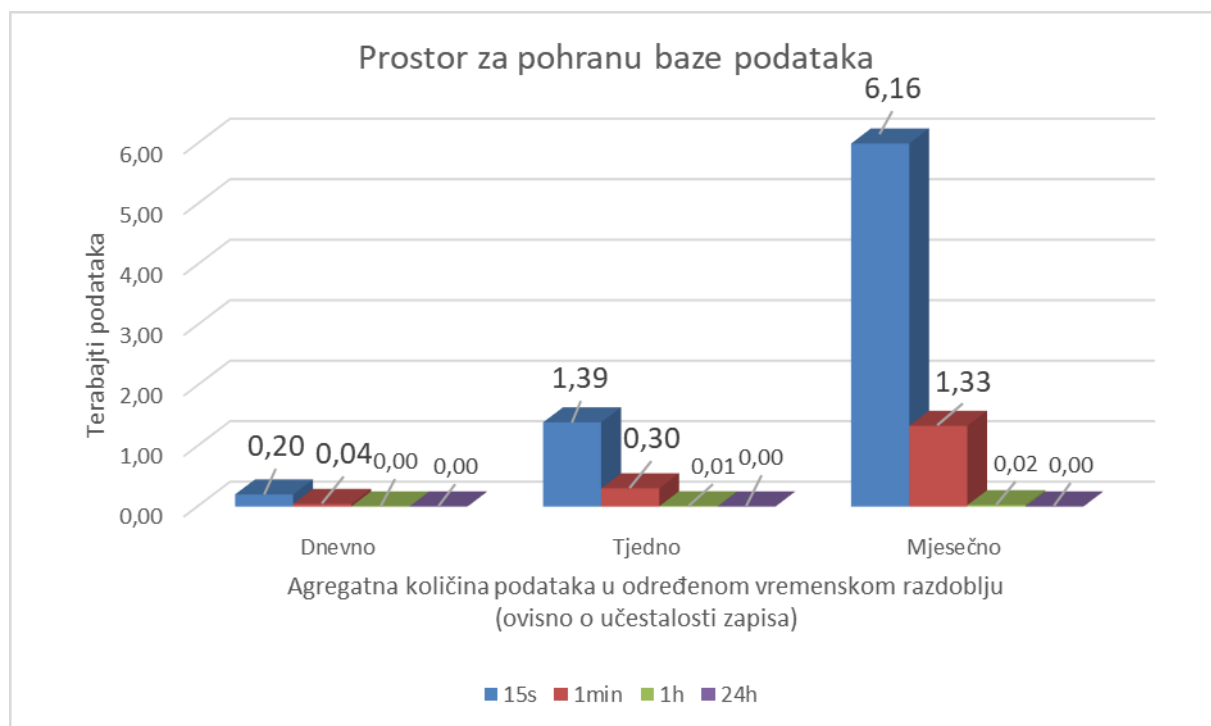
¹⁵⁷ W3Schools. *SQL Data Types for MySQL, SQL Server, and MS Access* [Online]. W3Schools. Dostupno na: https://www.w3schools.com/sql/sql_datatypes.asp [Pristupljeno: 30 Svibnja 2019].

KB po brojilu dnevno, odnosno 43 GB za 2,3 milijuna brojila na području RH. Mjesečno je to gotovo 1.34 TB za cijelo područje.

Korak dalje, koristeći satni zapis i „smalldatetime“ zapis, pojedino očitavanje iznosi 13 bajta, a uz frekvenciju očitavanja od 24 puta u danu, broj zapisa se smanjuje 60 puta. Dnevna količina podataka će iznositi 0,312 KB, a za cijelu RH 717,6 MB. Na mjesečnoj razini to je oko 23 GB u bazi podataka.

Korištenjem dnevnog zapisa, samo sa „date“ podacima, bez „time“ vrijednosti, dnevni zapis iznosio bi 12 bajta po brojilu, a za cijelu RH potreban prostor za pohranu bio bi 27,6 MB. Na mjesečnoj razini baza podataka bi zauzimala 855,6 MB, a za godinu dana tek nešto više od 10 GB.

Slika 25. Prostor potreban za pohranu baze podataka



Izvor: izradio autor

Predlaže se uporaba „pravovremenog“ zapisa u intervalu od 15 sekundi za posljednja 24 sata. Nakon toga, vrijednosti se prepisuju u minutnu potrošnju za još 9 dana, čime se nude detaljne informacije za posljednjih 10 dana. Za preostalih 21 dan u mj. koristi se satni zapis, a za još 11 mjeseci koristi se dnevni zapis bez „time“ vrijednosti.

Prostor potreban za smještaj svih ovih baza podataka i podataka potrebnih za detaljne informacije tijekom posljednjih 365 dana za sva mjerna područja električne energije na području RH, nešto je veći od 600 GB.

Od toga 199 GB zauzima pravovremeni zapis unutar 24 sata, a 387 GB je veličina baze podataka za 9 dana s minutnim vrijednostima. Satni zapis za 21 dan obuhvaća nešto više od 15 GB, dok za brojila na području RH tijekom preostalih 11 mjeseci, potreban prostor pohranu od oko 7,7 GB.

5.5.4. Izbor pružatelja usluga u oblaku

Open Source IoT platforme predvode razvoj IoT usluga, potiču inovacije i standardizaciju heterogenog okruženja. Stvaranje zajedničkog tržišta IoT elemenata podupire budući razvoj na najbolji način.¹⁵⁸

Unatoč sve većoj uporabi Open Source usluga, pregledom ponude svih IoT platformi i pružatelja usluga u oblaku, predlaže se uporaba Amazon Web Services usluga jer ima zavidnu kvalitetu i dugu povijest poslovanja. Nudi kvalitetnu uslugu uz veliku mogućnost prilagodbe. AWS podržava velik broj programskih jezika, većinu industrijskih standarda i API-ja. Međutim, AWS je prije svega IaaS platforma i kao takva je izrazito zahtjevna za projektiranje i razvoj konačnih proizvoda.¹⁵⁹

5.6. Izazovi u prihvaćanju koncepta

Nakon desetljeća uporabe AMI sustava, distributeri su uočili određene probleme i nedostatke. Najveći problemi su zahtjevi za visokom robusnošću arhitekture i ograničenost postojeće arhitekture prema dodavanju novih uređaja koji bi pružili dodatne mogućnosti.¹⁶⁰

¹⁵⁸ Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online, str. 12. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.].

¹⁵⁹ Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co, str. 46.

¹⁶⁰ Trilliant (2017) *From AMI to IoT: What lessons for utility deployments?* [Online]. Engerati - The Smart Energy Network. Dostupno na: <https://www.engerati.com/article/ami-iot-what-lessons-deployments-Trilliant> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].

Velika zapreka razvoju Interneta stvari u organizacijama je i manjak volje i vizije u menadžmentu te manjak vještina kod zaposlenika. Nedostatak znanja potrebnih za razvoj povezanih proizvoda i usluga, najviše se očituje kod izbora hardverskih komponenti i integracije mrežnih sposobnosti u postojeće uređaje. Do 2020. godine, čak tri četvrtine organizacija neće iskoristiti sve potencijale Interneta stvari zbog nedostatka podatkovnih znanstvenika. Ipak, mladi ljudi će u budućnosti tržištu rada pristupati s većim znanjem i vještinama stečenim kroz službeno obrazovanje, ali i svakodnevni život.¹⁶¹

Pokraj navedenoga, čak trećina IT stručnjaka smatra sigurnost primarnom barijerom uspjehu Interneta stvari. Možda i najveći izazov je sigurnost samih IoT uređaja. Sve veći problem predstavlja nepovjerenje korisnika u IT usluge zbog svakodnevnih problema s izloženošću osobnih informacija na društvenim mrežama, prijevarama s kreditnim karticama na Internetu ili zlouporabom ukradenih identiteta.¹⁶²

Pametni uređaji razvijeni su najčešće za specifične zadatke, primjerice sa senzorima koji mogu mjeriti samo nekoliko parametara i time imaju ograničenu primjenu. Ključno je razmišljati unaprijed kako bi se proizvodi učinili modularnima te spremnim za nadogradnju. Predstavljeni koncept teži ka univerzalnoj primjeni, jednostavnoj instalaciji i širokim mogućnostima uporabe, koristeći dostupne, robusne i lako zamjenjive tehnologije. Potiče se uporaba standardiziranih uređaja i tehnologija kako bi se u ostvarila veća ekonomija obujma u proizvodnji i niži troškovi uporabe.¹⁶³

S druge strane, mnogi proizvođači hardverskih rješenja, kao što je odabrana platforma Arduino, nude cjelokupna rješenja u obliku modula proizvođačima pametnih proizvoda. Time se olakšavaju zahtjevi prema dizajnu i implementaciji sustava.¹⁶⁴

¹⁶¹ Singhal, D.T.K. (2017) IOT Enabled Smart Hostel: A Futuristic Perspective. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* [Online], 5 (9), str. 1451–1466. Dostupno na: <https://www.researchgate.net/publication/320466024> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁶² Hung, M. (2017). *Leading the IoT: Gartner Insights on How to Lead in a Connected World*. Gartner Research [Online]. Dostupno na: https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹⁶³ Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online], str. 6. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹⁶⁴ Ibid.

Visoka robusnost arhitekture koncepta osigurana je uporabom mikroračunala čije je stanje moguće pratiti i pravovremeno uočiti nedostatke, a modularna arhitektura koncepta omogućuje brzu zamjenu dodatnih modula ili senzora. Izbor NB-IoT tehnologije te uporaba relacijskih baza podataka također se odlikuju visokom razinom stabilnosti. Računarstvo u oblaku, odnosno Amazon Web Services usluga, izabrana je prije svega zbog gotovo neograničenih mogućnosti skaliranja, duge povijesti poslovanja i iznimne pouzdanosti.

Velik broj uređaja postavlja se na razne lokacije, a fizički pristup uređajima teško je nadzirati. Predloženo rješenje je obvezna ugradnja senzora rada mjerila, a dvosmjerna komunikacija s oblakom u redovitim intervalima onemogućava manipulaciju nad podacima te upozorava na nepravilnosti u radu. S druge strane, podaci se nalaze „u oblaku“ čime je fizički pristup otežan, a razina privatnosti uvođenjem automatskog sustava naplate može biti puno veća od dosadašnje.¹⁶⁵

Ključan zahtjev u ovom konceptu je i potpuna transparentnost oko rizika u primjeni tehnologije Interneta stvari, a visoka razina zaštite osobnih podataka mora biti u središtu pozornosti pri razvoju i implementaciji projekata. Korištenjem Nb-IoT tehnologije, rješavaju se pitanja enkripcije prenesenih podataka i autentikacije korisnika.¹⁶⁶

5.7. Poslovni aspekt uvođenja modela

Novi zahtjevi kao što su energetska učinkovitost, uporaba električnih vozila i povećana svijest korisnika o potrošnji energije, potiču uporabu IoT tehnologije u energetske sektoru. Iako uvođenje tehnologije nadzora potrošnje energentima može uz relativno malen trošak izvršiti pouzdano i efikasno očitavanje podataka uz smanjenu mogućnost ljudske pogreške, za ostvarenje većih ekonomskih koristi potreban je širi pogled na uporabu IoT tehnologije. Prava vrijednost pametnih brojila vidi se tek na kraju procesa analize prikupljenih podataka, jer povezivanje mjernih uređaja s drugim inteligentnim sustavima pretvara prikupljene podatke u informacije i znanja.¹⁶⁷

¹⁶⁵ Ibid., str. 9.

¹⁶⁶ Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 432. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁶⁷ Ibid., str. 425.

5.7.1. Tržišni trendovi

Tržišne projekcije sugeriraju pomak ekonomskih aktivnosti s razine telekomunikacija na usluge i proizvode namijenjene krajnjim korisnicima. Prema tome, očekuje se i prikladan odgovor velikog broja poslovnih organizacija koje će ponuditi nove projekte zasnovane na tehnologiji Interneta stvari. U takvoj struji inovacija nalazi se i predloženi koncept.¹⁶⁸

Međutim, postoji značajan paradoks u svjetskoj industriji distribucije električne energije. Iako se predviđa se ugradnja oko 900 milijuna pametnih brojila do 2023. godine diljem svijeta, očekuju se ogromna ulaganja u AMI sustave daljinskog očitavanja jer su distributeri neodlučni u prihvaćaju IoT strategije.¹⁶⁹

Na razine Hrvatske do sada nije provedena analiza isplativosti za uvođenje pametnog očitavanja. Od strane HEP-a, 2011. godine imenovana je radna grupa s ciljem definiranja strategije za izgradnju i upravljanje AMI sustavom koja je provela tek nekoliko pilot projekata za realizaciju pametnog mjerenja. Prema jednom pilot projektu, implementacija sustava u oblaku olakšala je održavanje, smanjila troškove i povećala isplativost projekta, a integracija sustava daljinskog očitavanja s naplatom povećala je zadovoljstvo krajnjih korisnika.¹⁷⁰

5.7.2. Vrijednost projekta

Vrijednost projekta nije ista za sve korisnike. Organizacije tradicionalno gledaju na povrat uložених sredstava, a neki potrošači najviše cijene koristi i nova iskustva koje Internet stvari donosi u njihov svakodnevni život. Isplativost ulaganja ključni je parametar kojim se treba voditi pri implementaciji IoT projekata. Međutim, za razvoj novih IoT projekata, zbog iznimne složenosti takvih projekata, vrlo je teško izračunati povrat na uložena sredstva. Bez obzira na povrat uloženog, istraživanja povezana s uporabom digitalnih tehnologija pokazala su da je

¹⁶⁸ Hoorens, S. et al. (2012) The future contribution of the European Internet industry under the three scenarios. U: Hoorens, S. et al. (eds.) *Towards a competitive European Internet industry: A socio-economic analysis of the European Internet industry and the Future Internet Public-Private Partnership*. RAND Corporation [Online], str. 57-72. Dostupno na: <https://www.jstor.org/stable/10.7249/j.ctt3fh041.12> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁶⁹ Green, D. (2018) *Smart metering shows the way forwards for IoT adoption* [Online]. IHS Technology. Dostupno na: <https://technology.ihs.com/600939/smart-metering-shows-the-way-forwards-for-iot-adoption> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].

¹⁷⁰ Čačković, V. (2015) Proždrhljivi M2M: Napredna energetska mreža za potrebe komunikacijskih modula. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrhljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]

korisnicima važnija kvaliteta usluge nego cijena, a uvođenjem pametnih brojila zasigurno se može povećati razina usluga potrošačima.¹⁷¹

IoT mreže za nadzor potrošnje energenata nužan su korak u evoluciji daljinskog očitavanja. Prvi korak napravljen je u vidu automatizacije očitavanja podataka, no sljedeći korak predstavlja kontinuirano prikupljanje podataka spremnih za analitičku obradu, odnosno integracija tehnologije velikih podataka. Takva pretvorba proizvodnog modela poslovanja u uslužni, distributerima donosi mnoge prilike za dodatne prihode.¹⁷²

5.7.3. Troškovni pristup

Najveći potencijal pametnih mjerenja nalazi se u načinu provedbe takvih projekata. Ako se projekti izvedu dobro, omogućavaju dugoročne uštede, a ako se loše izvedu predstavljaju loše ulaganje. Primarni čimbenik u odluci oko investicija u daljinsko očitavanje potrošnje, odnosno u izboru tehnologije mjerenja i nadzora potrošnje predstavlja trošak opreme. Žične tehnologije skupe su zbog početnog troška instalacije i uvođenja, a mobilne tehnologije skupe su zbog troškova mobilnih operatera. U praksi, mnogi projekti su vođeni trendovima, bez dovoljnog angažmana stručnjaka i analitičara.¹⁷³

Primjer su mnoga ulaganja u pametna brojila bez sustavnog rješenja za automatizaciju cijelog procesa te slučaj s prijenosom podataka putem GPRS mreže gdje su troškovi izvedbe projekta veći od potencijalnih ušteda. Niska jedinična cijena takve tehnologije, na većoj skali može imati milijunske troškove.¹⁷⁴

¹⁷¹ Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online], str. 7. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

¹⁷² Hoorens, S. et al. (2012) The future contribution of the European Internet industry under the three scenarios. U: Hoorens, S. et al. (eds.) *Towards a competitive European Internet industry: A socio-economic analysis of the European Internet industry and the Future Internet Public-Private Partnership*. RAND Corporation [Online], str. 57-72. Dostupno na: <https://www.jstor.org/stable/10.7249/j.ctt3fh041.12> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁷³ Cmok, D., Puškarić, M. i Delač, Ž. (2012) Što to mudri rade s pametnim mrežama?. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s-pametnim-mrezama-75,960.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

¹⁷⁴ Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 95-98. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Dostupni podaci Europske Komisije ukazuju na pozitivne rezultate analize troškova i koristi uvođenja pametnog sustava mjerenja električne energije za 16 država članica: Austrija, Danska, Estonija, Finska, Francuska, Grčka, Irska, Italija, Luksemburg, Malta, Nizozemska, Poljska, Rumunjska, Španjolska, Švedska i Ujedinjena Kraljevina. U tim zemljama planirano je masovno uvođenje pametnih brojila do 2020. godine. Rezultati istraživanja EK pokazali su velike razlike u trošku uvođenja naprednog sustava mjerenja električne energije u različitim zemljama. Trošak uvođenja po mjernom mjestu kreće se od 77 eura na Malti, do 766 eura u Češkoj Republici. Uvođenje pametnih brojila električne energije za zemlje u kojima su analize koristi i troškova dale pozitivne rezultate u prosjeku iznosi 223 eura, uz standardnu devijaciju od 143 eura po mjernom mjestu. Očekivana ukupna korist po mjernom mjestu iznosi u prosjeku 309 eura po korisniku, uz standardnu devijaciju od 170 eura.¹⁷⁵

Trošak uvođenja naprednog sustava mjerenja plina u prosjeku je 200 eura uz standardnu devijaciju od 50 eura po mjernom mjestu, a ukupna korist po mjernom mjestu u prosjeku je 160 eura uz standardnu devijaciju od 30 eura. Pretpostavljena ušteda energije je najviše 5 posto. Finska i Švedska uvođenjem pametnih brojila ostvarile su uštede energije u rasponu od 1 do 3 posto.¹⁷⁶

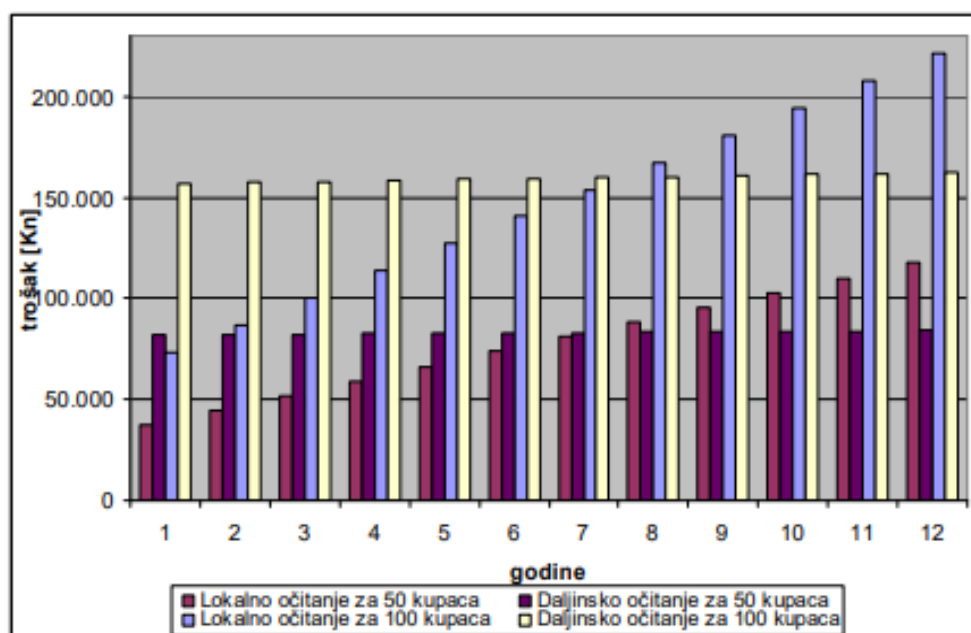
Na lokalnom tržištu situacija je drugačija. Prema procjeni Iskraemeco tvrtke i HEP ODS-a iz 2008. godine, godišnji troškovi daljinskog očitavanja iznose oko 8 tisuća kuna. Nabava mjernog uređaja s mogućnošću komunikacije iznosi oko 1500 kuna, PLC komunikacijski modul 6500 kuna, a troškovi GSM usluge za period od godinu dana su oko 250 kuna. S druge strane, uređaj s mogućnošću lokalnog očitavanja košta oko 600 kuna uz određene troškove rada i uporabe službenog vozila. Slika 26 uspoređuje troškove daljinskog i ručnog očitavanja stanja brojila na razini 50 i 100 potrošača kroz period od 12 godina. Unatoč većem trošku uporabe daljinskog očitavanja, dugoročno, i za veći broj potrošača, takva vrsta investicije je isplativija od ručnog očitavanja.¹⁷⁷

¹⁷⁵ Europska Komisija (2014). *COM(2014) 356 final: Vrednovanje uvođenja pametnog mjerenja u EU-27 s naglaskom na električnu energiju*. Izvješće komisije [Online]. Dostupno na: <https://publications.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/67b8c831-f626-11e3-831f-01aa75ed71a1/language-hr> [Pristupljeno: 25. lipnja 2019.]

¹⁷⁶ Ibid.

¹⁷⁷ Ivšinić, I. i Jelenčić, D. (2008) *Primjena sustava daljinskog očitavanja i upravljanja brojlama (AMR/AMM) u optimizaciji troškova poslovanja HEP-ODS-a*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske

Slika 26. Usporedba troška daljinskog i lokalnog očitavanja kroz vrijeme



Izvor: Ivšinović, I. i Jelenčić, D. (2008) *Primjena sustava daljinskog očitavanja i upravljanja brojilima (AMR/AMM) u optimizaciji troškova poslovanja HEP-ODS-a*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://www.ho-cired.hr/referati/SO6-14.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2019.]

5.7.4. Energetske uštede

Trend Interneta stvari zapravo zamjenjuje trend ekološke osviještenosti, jer pametni uređaji mogu povećati energetske uštede i do 30 posto. Ostvarene uštede u potrošnji energije na području Europske Unije su na razini od 3 posto. Unatoč malom smanjenju potrošnje, zbog kvalitetnih informacija o potrošnji i edukaciji potrošača, period povrata investicije u takav sustav je manji od godine dana.¹⁷⁸

Ovaj koncept je itekako ekološki osviješten. Cijeli uređaj je jednostavnije izvedbe i manjih dimenzija od tradicionalnih brojila, te uz korištenje solarnog napajanja obećava dugoročne uštede u proizvodnji i održavanju. Nadzor te uravnoteženje proizvodnje i potrošnje rezultiraju

konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://www.ho-cired.hr/referati/SO6-14.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2019.]

¹⁷⁸ Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

manjim gubicima u distributivnoj mreži, a smanjenje vršnih potreba za energijom umanjuje potrebe za rastom kapaciteta elektrana.¹⁷⁹

Kada svi potrošači postanu svjesni potrošnje i proizvodnje energije te ograniče uporabu energije tijekom perioda visoke potražnje i visoke cijene energije, postići će se najveća moguća energetska iskoristivost. Dakle, nužan je razvoj ekološke svijesti kod šire populacije koji će donijeti najveće moguće financijske uštede i distributerima i potrošačima. Sve to rezultirat će poboljšanim gospodarenjem resursima na lokalnoj i nacionalnoj razini, odnosno, pomoći će u jačanju nacionalne ekonomske stabilnosti i smanjenju ovisnosti o uvozu energenata.¹⁸⁰

¹⁷⁹ Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]

¹⁸⁰ Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 428. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

6. ZAKLJUČAK

Pouzdana dostava energenata vrlo je važna za kvalitetu života općenito. Razvoj usluga u oblaku omogućio je dostavljanje računalne moći kao još jednog energenta. Takav oblik usluge potiče inovacije i katalizator je razvoja tržišta Interneta stvari. Povećava iskorištenost hardvera uz niže troškove i energetske uštede. Centralizacija sustava u oblaku omogućava jednostavnije upravljanje, a pristup oblaku moguć je s gotovo bilo koje lokacije, u bilo koje doba. IoT donosi novu dimenziju u poslovanje, povećava produktivnost i ubrzava donošenje odluka.

Ručno očitavanje mjesečne potrošnje energenata, vremenski je zahtjevno, brojila nisu uvijek dostupna, a ugrožava se i mir građana. Dijeljenje mjesečne potrošnje po broju stanara ili temeljenje obračuna potrošnje na paušalnim procjenama više nisu održivi načini naplate potrošnje energenata.

Sustavi za daljinsko očitavanje energenata prisutni su u svijetu već godinama, ali na lokalnom tržištu tek 3 posto brojila ima tu mogućnost. Implementacijom takvih sustava povećala se točnost očitavanja, uz manje ometanje korisnika i niže operativne troškove. Takvi sustavi imaju problem s nestandardnom mjernom opremom, koriste skupe bežične tehnologije i nedovoljno brzo reagiraju na male, najčešće obnovljive izvore energenata čime se otežava planiranje potrošnje. S druge strane, dolazak stručno osposobljenih osoba u blizinu mjerila, primjerice, ispred stambenog objekta, ne predstavljaju zaista „udaljeno očitavanje“.

Cilj rada je bio prikazati koncept koji je okrenut tehnologijama budućnosti koje neće zastarjeti preko noći. Prikazani koncept i primjena Interneta stvari predstavljaju evoluciju poslovanja u energetsom sektoru i transformiraju tradicionalne distribucijske mreže u pametne mreže viših performansi za distributere i potrošače.

Korištenjem sloja za mjerenje koji se zasniva na tehnologiji Interneta stvari, pohranit će se podaci u oblak, a zatim će analitički procesi podatke pretvoriti u informacije i znanja. Uporabom modularne arhitekture u čijoj srži je mikroračunalo postiže se visoka razina robusnosti i potiče se univerzalna uporaba brojila. U oblaku se omogućuje pristup analitičkim alatima koji olakšavaju nadzor parametara distribucijske mreže i donošenje odluka distributeru, a potrošaču se putem ujedinjenog web sučelja omogućuje prikaz potrošnje, pristup alarmnom sustavu te konceptu pametnog doma. Ideje ovog koncepta jednostavno je primijeniti na postojeća brojila, čime se ostvaruju značajne uštede za distributera. Na području RH predlaže se uporaba postojećih brojila domaćih tvrtki RIZ-ODAŠILJAČI d.d. te Iskraemeco d.o.o., a

uporaba NB-IoT usluga koju pruža Hrvatski Telekom također pogoduje domaćim investitorima.

Prihvatanje predloženog koncepta i Interneta stvari općenito, najčešće se svodi na pitanje o sigurnosti podataka. Infrastruktura IoT-a mora biti pouzdana i sigurna te u skladu s društvenim i političkim normama. Predlaže se uporaba pravne legislative za kontrolu vrste nadzora koji provode IoT uređaji te ograničavanje podataka kojima uređaji i distributeri mogu pristupati.

Razvoj daljinskog očitavanja brojila nije uvijek ekonomski isplativ. Bez obzira na povrat investicije, u tržišnom okruženju i samo zadovoljstvo kupaca je vrlo važna komponenta poslovanja. Dovoljan argument za uvođenje koncepta je sama nužnost ovakve evolucije u distribuciji energenata. Tek kada se razvije ekološka svijest kod šire populacije, rezultat će biti najveća moguća energetska iskoristivost. Međutim, svijest o potrošnji, ne garantira i malu potrošnju kod potrošača. Logično je pretpostaviti da se ograničavanjem potrošnje u periodima visoke potražnje i visoke cijene energenata može ostvariti znatno uravnoteženje između proizvodnje i potražnje, uz smanjenje energetske gubitaka. Potrebna su dodatna istraživanja o odnosu povratnih informacija o potrošnji na samu potrošnju.

Važan aspekt je i ovisnost koju Internet stvari razvija. U stvarnom životu, i pojedinci i velike kompanije posjeduju vrlo visoku ovisnost o električnoj energiji i pristupu Internetu. Internet stvari povezuje ta dva aspekta uz eksponencijalno veće razine ovisnosti o tehnologiji. Ovo područje je vrlo mlado i dinamično, te će zasigurno biti atraktivno za buduća istraživanja.

Popis literature

1. Ahmad, M.W. et al. (2016) Building energy metering and environmental monitoring – A state-of-the-art review and directions for future research. *Energy and Buildings* [Online], 120, str. 85–102. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816302158?via%3Dihub> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
2. Alahakoon, D. i Yu, X. (2016) Smart Electricity Meter Data Intelligence for Future Energy Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* [Online], 12 (1), str. 425–436. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7063262>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
3. Armbrust, M. et al. (2009) *Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing*. Technical Report. EECS Department: University of California, Berkeley [Online]. Dostupno na: <http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
4. Ashton, K. (2009) That ‘Internet of Things’ Thing. *RFID journal* [Online]. Dostupno na: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
5. Buyya, R. et al. (2009) Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems* [Online], 25 (6), str. 599–616. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X08001957> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
6. Cmok, D., Puškarić, M. i Delač, Ž. (2012) Što to mudri rade s pametnim mrežama?. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2012/11/sto-to-mudri-rade-s--pametnim-mrezama-.75,960.html> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
7. Čačković, V. (2015) Proždrhljivi M2M: Napredna energetska mreža za potrebe komunikacijskih modula. *InfoTrend* [Online]. Zagreb: TeleDom d.o.o. Dostupno na: <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/1/prozdrhljivi-m2m,82,1121.html> [Pristupljeno: 27. rujna 2018.]
8. Davidović, V., Kukuljan, E. i Pogarčić, I. (2011) Cloud Computing: Što s bazom podataka (u oblacima)? U: Polonijo, M., ur. *Razvoj poslovnih i informatičkih sustava CASE 23, 6.-8. lipnja 2011, Zagreb*. Rijeka: Case d.o.o Rijeka [Online], str. 185-191. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/516728> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
9. Economist Intelligence unit (2018). *What the Internet of Things means for consumer privacy*. A report from The Economist Intelligence Unit [Online]. Dostupno na: https://eiperspectives.economist.com/sites/default/files/EIU_ForgeRock.final_briefing_paper_03.21.18.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]
10. Europska Komisija (2014). *COM(2014) 356 final: Vrednovanje uvođenja pametnog mjerenja u EU-27 s naglaskom na električnu energiju*. Izvješće komisije [Online]. Dostupno na: <https://publications.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/67b8c831-f626-11e3-831f-01aa75ed71a1/language-hr> [Pristupljeno: 25. lipnja 2019.]
11. Evwiekpaefe, A.E. i Ajakaiye, F. (2013) The Trend and Challenges of Cloud Computing: A Literature Review. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*

- [Online], 2 (10). Dostupno na:
<http://www.mcser.org/journal/index.php/ajis/article/view/1691> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
12. Figliola, P.M. i Fischer, E.A. (2013) Overview and Issues for Implementation of the Federal Cloud Computing Initiative: Implications for Federal Information Technology Reform Management. *Journal of Current Issues in Media & Telecommunications* [Online], 5(1), str. 1-27. [Online]. Dostupno na:
http://www2.caict.ac.cn/zscp/qqzkgz/qqzkgz_zdzsq/201509/P02015090652834396221_2.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
 13. Flajšek, K. et al. (2008) *Električna brojila i AMR sustav u distribuciji elektroprivrede hrvatske zajednice Herceg Bosne - Mostar*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://ho-cired.hr/referati/SO6-15.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
 14. Fleisch, E., Weinberger, M. i Wortmann, F. (2015) Business Models and the Internet of Things (Extended Abstract). U: Podnar Žarko, I., Pripužić, K. i Serrano, M. (eds.), *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things* [Online]. Cham: Springer International Publishing. Dostupno na:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16546-2_2 [Pristupljeno: 28. lipnja 2018.]
 15. Foster, I. et al. (2008) Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared. U: *2008 Grid Computing Environments Workshop, 12. – 16. studeni 2008, Austin, TX*. November 2008 IEEE [Online], str. 1–10. Dostupno na:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/4738445> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
 16. Furht, B. i Escalante, A. (2010) *Handbook of cloud computing*. 3rd Ed. New York: Springer.
 17. Gluhak, A. et al. (2016) *Report on IoT platforms activities*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D03_01_WP03_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]
 18. Gubbi, J. et al. (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* [Online], 29 (7), str. 1645–1660. Dostupno na:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
 19. Heisterberg, R.J. i Verma, A. (2014) *Creating business agility: how convergence of cloud, social, mobile, video, and big data enables competitive advantage*. New Jersey: John Wiley & Sons.
 20. Hoorens, S. et al. (2012) The future contribution of the European Internet industry under the three scenarios. U: Hoorens, S. et al. (eds.) *Towards a competitive European Internet industry: A socio-economic analysis of the European Internet industry and the Future Internet Public-Private Partnership*. RAND Corporation [Online], str. 57-72. Dostupno na: <https://www.jstor.org/stable/10.7249/j.ctt3fh041.12> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
 21. Hung, M. (2017). *Leading the IoT: Gartner Insights on How to Lead in a Connected World*. Gartner Research [Online]. Dostupno na:
https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf [Pristupljeno: 22.

rujna 2018.]

22. Ivšinović, I. i Jelenčić, D. (2008) *Primjena sustava daljinskog očitavanja i upravljanja brojlama (AMR/AMM) u optimizaciji troškova poslovanja HEP-ODS-a*. Šibenik: Hrvatski ogranak Međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED [Online]. Dostupno na: <http://www.ho-cired.hr/referati/SO6-14.pdf>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2019.]
23. Jukić, O., Špeh, I., i Heđi, I. (2018). *Cloud-based services for the Internet of Things*. Opatija: MIPRO 2018: 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics [Online]. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8400071> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
24. Kalapatapu, A. i Sarkar, M. (2012) *Cloud Computing: An Overview*. U: Wang, L. et al. (eds.), *Cloud computing: methodology, systems, and applications*. 1st Ed. Boca Raton: CRC Press, str. 1-28.
25. Latif et al. (2014). *Cloud Computing Risk Assessment: A Systematic Literature Review*. U: Park, J. et al. (eds.), *Future Information Technology*, str. 285-295. Berlin: Springer.
26. Li, S., Xu, L.D. i Zhao, S. (2015) The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers* [Online], 17 (2), str. 243–259. Dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7>. [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
27. LoRa Alliance (2018) *2017 End of year report*. LoRa Alliance: Wide Area Networks for IOT [Online]. Dostupno na: <https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/LoRa-Alliance-Annual-Report.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
28. Lucero, S. (2016) *IoT platforms: enabling the Internet of Thing*. White Paper. IHS Technology [Online]. Dostupno na: <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]
29. Mahmood, Z. (ed.). (2016). *Data science and big data computing: frameworks and methodologies*. Cham: Springer International Publishing.
30. Manger, R. (2010.) *Osnove projektiranja baza podataka: D310*. Zagreb : Sveučilište u Zagrebu, Sveučilišni računski centar (SRCE) [Online]. Dostupno na: https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/edu/osnovni-tecajevi/d310_polaznik.pdf [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]
31. Mattern, F. i Floerkemeier, C. (2010) From the Internet of Computers to the Internet of Things. U: Sachs, K., Petrov, I. i Guerrero, P. *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*. Berlin: Springer, str. 242–259.
32. Mehmood, Y. et al. (2017) Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine* [Online], 55 (9), str. 16–24. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8030479/> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
33. Minerva, R., Biru, A., i Rotondi, D. (2015) Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative* [Online], 1, str. 1-86. Dostupno na: https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf [Pristupljeno: 4. kolovoza 2018.]
34. Nacionalni C.E.R.T. (2013) *Cloud computing: NCERT-PUBDOC-2010-03-293*. Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARnet [Online]. Dostupno na:

<https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

35. Nirenjena, S. et al. (2017) A cloud computing revolution in business perspective. *Advances in Natural and Applied Sciences* [Online], 11 (8), str. 558-567. Dostupno na: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/June/558-566.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
36. NTT DATA (2014) *Cloud Computing: Transforming the Enterprise*. NTT Data White Paper [Online]. Dostupno na: https://www.ciosummits.com/White_Paper_-_Cloud_Computing_-_Transforming_the_Enterprise.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]
37. Pan, J. et al. (2015) An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments. *IEEE Internet of Things Journal* [Online], 2 (6), str. 527–537. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7061425> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
38. Panian, Ž. (2013) *Elektroničko poslovanje druge generacije*. Zagreb: Ekonomski fakultet Zagreb.
39. Patil, S. et al. (2016). A 20/20 vision of Internet of things. *IOSR Journal of Business and Management* [Online], 18 (08), str. 76–80. Dostupno na: <http://iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol18-issue8/Version-2/L1808027680.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
40. Pavelić, K., Hećimović, D. i Stakor, K. (2017). *Daljinsko očitavanje potrošnje plina, uređaji i principi rada*. Osijek: 15. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi 8. međunarodni skup o prirodnom plinu, toplini i vodi [Online]. Dostupno na: http://bib.irb.hr/datoteka/895597.Daljinsko_oitanje_potronje_plina_ureaji_i_principi_rada_.pdf [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
41. Pregiban, M. (2016) *Daljinsko očitavanje brojila*. Završni rad. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek [Online]. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559572> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
42. Rosenberg, J. i Mateos, A. (2010) *The Cloud at Your Service*. 1st Ed. Greenwich, Connecticut: Manning Publications Co.
43. Sanders, J. i Burt, S. (2016) *IoT in Education: Landscape Review*. Clarity Innovations [Online]. Dostupno na: <https://www.clarity-innovations.com/publications/iot-education-landscape-review> [Pristupljeno: 10. kolovoza 2018.]
44. Singhal, D.T.K. (2017) IOT Enabled Smart Hostel: A Futuristic Perspective. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* [Online], 5 (9), str. 1451–1466. Dostupno na: <https://www.researchgate.net/publication/320466024> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]
45. Stipić, A. i Bronzin, T. (2012) Mobilna poslovna inteligencija i računarstvo u oblaku. U: Polonijo, M., ur. *Razvoj poslovnih i informatičkih sustava CASE 24, 4.-5. lipnja 2012, Zagreb*. Rijeka: Case d.o.o. Rijeka [Online], str. 135-141. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/583887> [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
46. Tuly, K.F. (2016). *A Survey on Novel Services in Smart Home (Optimized for Smart Electricity Grid)*. Master's thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology [Online]. Dostupno na: <https://www.mn.uio.no/ifi/english/research/groups/psy/completedmasters/2016/tuly/m>

[sc_thesis_tuly.pdf](#) [Pristupljeno: 22. rujna 2018.]

47. Vermesan, O. et al. (2016). *IoT business models framework*. H2020 Work Programme – UNIFY-IoT Project [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/D02_01_WP02_H2020_UNIFY-IoT_Final.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]
48. Vermesan, O. i Friess, P., eds. (2013). *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. Aalborg: River publishers [Online]. Dostupno na: http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf [Pristupljeno: 28. srpnja 2018.]
49. Vuković, D. (2011). U oblak vjerujemo. U: *Konferencija o elektroničkim komunikacijskim tehnologijama i normama u informatici - KOM 2011, 21.-23. listopada, Opatija*. Zagreb: KING ICT d.o.o. [Online]. Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/574149.Dragutin_Vukovic_-_U_oblak_vjerujemo_-_KOM2011.pdf [Pristupljeno: 11. kolovoza 2018.]
50. Vyas, D.A., Bhatt, D. i Jha, D. (2015) IoT: trends, challenges and future scope. *International Journal of Computer Science & Communication* [Online], 7(1), str.186-197. Dostupno na: <https://pdfs.semanticscholar.org/f423/05d55f71dfc07a018654fbe40aa12d40b952.pdf> [Pristupljeno: 25. lipnja 2018.]

Web izvori

1. *Apps Script API* [Online]. Google Developers. Dostupno na: <https://developers.google.com/apps-script/api/> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
2. Božić, M. (2009) *QoS (Quality of Service) - Uvod* [Online]. CARNet. Dostupno na: <https://sysportal.carnet.hr/node/505> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
3. Clark, J. (2017) *Facing the threat: Big Data and crime prevention* [Online]. IBM Internet of Things blog. Dostupno na: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/big-data-crime-prevention/> [Pristupljeno: 18. Lipnja 2019].
4. Green, D. (2018) *Smart metering shows the way forwards for IoT adoption* [Online]. IHS Technology. Dostupno na: <https://technology.ihs.com/600939/smart-metering-shows-the-way-forwards-for-iot-adoption> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
5. Jurman, H. (2018.) *IoT Net Adria: Sigfox mrežom uskoro pokrivamo više od 80 posto stanovništva Hrvatske* [Online]. Zimo.co. Dostupno na: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/iot-net-adria-sigfox-mrezom-uskoro-pokrivamo-vise-od-80-posto-stanovnistva-hrvatske---534469.html> [Pristupljeno: 18. Lipnja 2019].
6. Knezović, G. (2018) *OIV podigao IOT mrežu za Zagreb, Split, Rijeku i Osijek* [Online]. 11 December 2018. Bug d.o.o. Dostupno na: <https://mreza.bug.hr/oiv-podigao-iot-mrezu-za-zagreb-split-rijeku-i-osijek/> [Pristupljeno: 18. Lipnja 2019].
7. *M2M i Internet of Things - Pametni sustavi za bolju učinkovitost i uštede - Poslovni korisnici* [Online]. Hrvatski Telekom. Dostupno na: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovni/ict/m2m-internet-of-things> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
8. *Optical character recognition* [Online]. Wikipedia. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_character_recognition#Techniques [Pristupljeno:

29. Svibnja 2019].
9. Schmidbauer, H. (2016) *Can The Internet Of Things Lower AMI Solution Cost* [Online]. Water Online. Dostupno na: <https://www.wateronline.com/doc/can-the-internet-of-things-lower-ami-solution-cost-0001> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
 10. SparkFun. *What is an Arduino? - learn.sparkfun.com* [Online]. SparkFun. Dostupno na: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
 11. Trilliant (2017) *From AMI to IoT: What lessons for utility deployments?* [Online]. Engerati - The Smart Energy Network. Dostupno na: <https://www.engerati.com/article/ami-iot-what-lessons-deployments-Trilliant> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
 12. Vrbanus, S. (2019) *A1 Hrvatska pokrenuo Narrow Band IoT mrežu na području cijele Hrvatske - Telekomunikacije @ bug.hr* [Online]. BUG MEDIA 2019. Dostupno na: <https://www.bug.hr/telekomunikacije/a1-hrvatska-pokrenuo-narrow-band-iot-mrezu-na-podrucju-cijele-hrvatske-9055> [Pristupljeno: 29. Svibnja 2019].
 13. W3Schools. *SQL Data Types for MySQL, SQL Server, and MS Access* [Online]. W3Schools. Dostupno na: https://www.w3schools.com/sql/sql_datatypes.asp [Pristupljeno: 30 Svibnja 2019].

Popis slika

Slika 1. Amazon Web Services IoT	15
Slika 2. Google Cloud Platform	16
Slika 3. Funkcionalni slojevi IoT platformi	26
Slika 4. Višeslojna arhitektura IoT platformi	27
Slika 5. Pametno okruženje	32
Slika 6. Koncept pametnog grada	33
Slika 7. AMI implementacija na tržištu EU	40
Slika 8. AMR sustav.....	42
Slika 9. Razvoj sustava daljinskog očitavanja	43
Slika 10. Dvosmjerna komunikacija AMI sustava	44
Slika 11. Koncept AMI sustava.....	45
Slika 12. Komponente sustava za očitavanje električne energije	46
Slika 13. Princip daljinskog očitavanja s ručnim mjeračem	47
Slika 14. Sustav za očitavanje potrošnje plina putem GPRS komunikacije	48
Slika 15. Daljinsko očitavanje potrošnje vode.....	50
Slika 16. Arhitekturni dijagram koncepta	56
Slika 17. Dijagram tijeka koncepta IoT očitavanja potrošnje energenata.....	57
Slika 18. Dijagram tijeka algoritma mikroračunala	59
Slika 19. Amazon Forecast.....	61
Slika 20. Modul za očitavanje LED impulsa.....	63
Slika 21. Očitavanjem stanja korištenjem OCR tehnologije.....	63
Slika 22. Dijagram tijeka brojača potrošnje u oblaku	64
Slika 23. NB-IoT usluga HT-a	65
Slika 24. Cjenik NB-IoT tarifa HT-a	67
Slika 25. Prostor potreban za pohranu baze podataka.....	69
Slika 26. Usporedba troška daljinskog i lokalnog očitavanja kroz vrijeme.....	76